



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC145501

**DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG PASAR 4
LANTAI DI PASURUAN DENGAN METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)
DAN METODE PELAKSANAAN PADA ELEMEN
KOLOM**

SHAFIRA DEVAYANTI
NRP. 3114 030 058

BRIGITTA RISKAPURNAMASTUTI
NRP. 3114 030 066

DOSEN PEMBIMBING
Ir. BOEDI WIBOWO, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



FINAL APPLIED PROJECT - RC145501

REDESIGN OF STRUCTURE 4 STORY MARKET BUILDING IN PASURUAN WITH INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM METHOD AND METHOD OF IMPLEMENTATION ON THE COLUMN ELEMENT

SHAFIRA DEVAYANTI
NRP. 3114 030 058

BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
NRP. 3114 030 066

CONSELLOR LECTURER
Ir. BOEDI WIBOWO, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

COURSE OF DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN METODE PELAKSANAAN PADA ELEMEN KOLOM

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Ahli Madya Teknik pada
Konsentrasi Bangunan Gedung
Program Studi Diploma Tiga Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Disusun oleh:

MAHASISWA 1

MAHASISWA 2



SHAFIRA DEVAYANTI
NRP. 3114 030 058

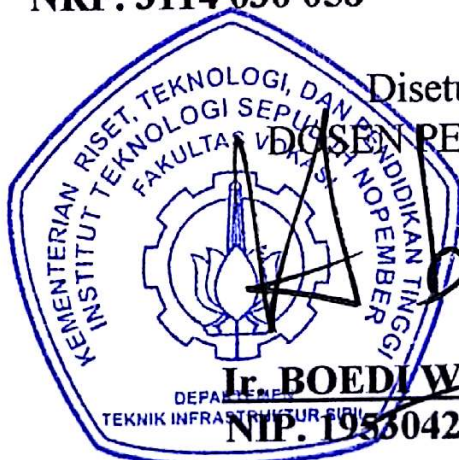


BRIGITTA RISK A P.
NRP. 3114 030 066

Disetujui oleh :

DOSEN PEMBIMBING

26 JUL 2017



Ir. BOEDI WIBOWO, CES.
NIP. 19530424 198203 1 002

NIP -



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Shafira Devayanti 2 Brigitta Riska Purnamastuti
NRP : 1 3114030058 2 3114030066
Judul Tugas Akhir : DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN METODE PELAKSANAAN PADA ELEMEN KOLOM
Dosen Pembimbing : Ir. Boedi Wibowo, CES

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	16 Februari 2017.	- Tangga utama dipaskan ke kolom utama				
		- Dindingnya diubah menjadi dinding partisi.		B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>
		- Jarak antar kolom menjadi 6 m.				
		- Gambar denah balok.		B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>
		- Untuk perhitungan preliminari balok induk diambil tengah-tengah antara 1/12 dan 1/16.				
				B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>
2.	24 Februari 2017.	- Balok kantilever tidak perlu				
		- Balok induk coba diambil 1/14 (tengah-tengah)				
		- Sloof disamakan (ukurannya) dengan balok induk		B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>
		- Perhitungan plat contoh perhitungan 1 saja lalu ditabelkan.				
		- dinding kamar mandi dijadikan partisi saja.		B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

NRP

Judul Tugas Akhir

: 1 Shafira Devayanti

: 1 3114030058

2 Brigitta Riska Purnamastuti

2 3114030066

: DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN METODE PELAKSANAAN PADA ELEMEN KOLOM.

Dosen Pembimbing

: Ir. Boedi Wibowo, CES.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
3.	17 Maret 2017	1. Untuk Pelat p bila telah dinaikkan 30% masih lebih kecil dari p_{min} digunakan p_{min} .		B	C	K
		2. Digambar penulangan pelat.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		3. Untuk lift, balok dan kolom berbeda ukuran biasanya.				
				B	C	K
4.	31 Maret 2017	1. p yang digunakan pada perhitungan pelat p_{min} (tidak apa-apa)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2. Untuk penulangan pelat : - momen bentang pendek lebih besar dari bentang panjang		B	C	K
		3. tulangan susut digambar saja		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		4. diberi tulisan / keterangan lapis 1, lapis 2 untuk penulangan pelat		B	C	K
		5. Untuk metode pelaksanaan ditulis cara-caranya saja (tidak usah menghitung volume)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		6. Harus ada gambar detail dari tiap-tiap gambar		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

: 1 Shafira Devayanti

2 Brigitta Riska Purnamastuti

NRP

: 1 3114030058




2 3114030066

Judul Tugas Akhir

: DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN METODE PELAKSANAAN PADA ELEMEN KOLOM

Dosen Pembimbing

: Ir. Boedi Wibowo, CES.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5.	10 April 2017	→ Balok lift harus lebih besar dari balok lainnya.				
		→ Kolom praktis. di tangga dihilangkan.		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		→ direk lagi pembebanannya.				
		→ Balok lift dan kolom lift dibedakan dimensinya. (karena beban lebih besar)		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		→ Kolom mesin lift diramatkan dengan Kolom luncur lift.				
				B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	21 April 2017	→ Kolom pendek ada, tetapi sloof berada di elev. tanah ± 0,00.				
		→ Lek lagi sap yang hasilnya warna merah.		B	C	K
		→ Perhitungan kolom hanya diambil satu saja.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

- B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

NRP

Judul Tugas Akhir

: 1 Shafira Devayanti

: 1 3114030058

: 2 Brigitta Riska Purnamastuti

: 2 3114030066

: DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN METODE PELAKSANAAN PADA ELEMEN KOLOM

Dosen Pembimbing

: Ir. Boedi Wibowo, CES.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
7.	4 Mei 2017	1. Pada pelat tangga dan bordes tidak boleh dibandingkan l_y/l_x .				
		2. Menggunakan tulangan ulir pada penulangan pelat tangga		B	C	K
		3. Pada ruangan lift, bila baloknya sudah cukup kuat menerima beban satu balok sudah cukup		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		4. Pada beban kombinasi, diambil yang terbesar meskipun tidak ada beban gempa.				
		5. As tarik dan As tekan selalu ada. Tolong dicek lagi. Untuk puntir bila plat kiri dan kanan ukuran sama tidak dibutuhkan puntir.		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
8.	10 Mei 2017	1. Ukuran balok di lift cek lagi. Coba diperbesar.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2. Cek aksial elemen tangga tidak usah dimasukkan.				
		3. Sloof pake perhitungan balok.		B	C	K
		4. Metode pelaksanaan harus rinci.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL



Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Shafira Devayanti 2 Brigitta Riska Purnamastuti
NRP : 1 3114030058 2 3114030066
Judul Tugas Akhir : DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN METODE PELAKSANAAN PADA ELEMEN KOLOM
Dosen Pembimbing : Ir. Boedi Wibowo, CES.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
9.	23 Mei 2017	1. Tangga dibuat lurus dulu bebannya.				
		2. Untuk perhitungan cross)				
		2. Untuk tangga cross hanya untuk pengecekan reaksi saja.		B	C	K
		3. Untuk tulangan geser balok anak bila belum memenuhi, pake ketentuan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		4. Pu pada kolom dicoba satu-satu sampai mendapatkan yang terbesar.		B	C	K
		5. Kombinasi yang dipakai yang ada gempanya.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	30 Mei 2017	1. Untuk $M =$ menggunakan L miring, $q / \cos \alpha$ untuk beban merata yang miring.		B	C	K
		2. Untuk perhitungan kolom, dipakai tulangan yang paling besar untuk seluruh kolom.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		3. Dicek lagi untuk kekakuan kolom atas dan kolom bawah.		B	C	K
		4. Gambar diselesaikan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

**DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG PASAR 4
LANTAI DI PASURUAN DENGAN METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)
DAN METODE PELAKSANAAN PADA ELEMEN KOLOM**

Nama Mahasiswa : 1. Shafira Devayanti
2. Brigitta Riska Purnamastuti
NRP : 1. 3114 030 058
2. 3114 030 066
Jurusan : Diploma III Teknik Sipil
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Boedi Wibowo, CES

ABSTRAK

Gedung Pasar 4 Lantai merupakan bangunan yang terletak di Pasuruan dimana bangunan tersebut semula berjumlah 2 lantai, berbentuk trapesium, tinggi bangunan tersebut 8,60 m, dan luas bangunan sebesar 23.475 m² diubah menjadi gedung 4 lantai, berbentuk persegi panjang, tinggi bangunan tersebut 19,50 m, dan luas bangunan sebesar 2.016 m² (42 m x 48 m). Berdasarkan hasil *Standard Penetration Test* (SPT) di daerah Pasuruan, diketahui bahwa gedung dibangun di atas tanah dengan kondisi tanah sedang (kelas situs SD) dan termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) C. Oleh karena itu, perhitungan struktur gedung ini menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang mengacu pada SNI 1726:2012.

Untuk perencanaan beban akibat gempa menggunakan metode statik ekuivalen karena bangunan gedung ini masuk ke dalam kategori bangunan yang beraturan. Sedangkan pembebanan non gempa dapat disesuaikan dengan peraturan SNI 1727:2013. Bahan utama dalam pembuatan struktur bangunan ini adalah beton bertulang yang mengacu pada SNI 2847:2013. Tahapan pengerjaan tugas akhir ini diawali dengan pengumpulan data berupa data tanah, gambar arsitektur dan struktur, dan referensi-

referensi yang akan digunakan. Selanjutnya, menentukan struktur yang optimal untuk gedung ini. Lalu, menganalisa pembebanan struktur serta gaya dalam, menentukan penulangan, dan mengontrolnya dengan persyaratan. Dan diakhiri dengan menghitung volume pembersian dan volume beton untuk dua portal.

Hasil dari perhitungan struktur ini didapatkan 6 tipe balok yaitu balok B1 (35/55) cm, B2 (30/40) cm, B3 (20/30) cm, B4 (35/55) cm, B5 (30/45) cm, dan B6 (30/45) cm. Untuk kolom didapatkan 2 tipe yaitu K1 dan K2 dengan dimensi (50/50) cm. Lalu, didapatkan juga dimensi sloof sebesar (35/55) cm, tebal pelat lantai dan pelat atap sebesar 12 cm serta tebal pelat tangga dan bordes sebesar 15 cm. Selain itu, didapatkan rasio penulangan dari portal memanjang sebesar $178,418 \text{ kg/m}^3$ dan rasio penulangan dari portal melintang sebesar $177,967 \text{ kg/m}^3$. Untuk metode pelaksanaan pada elemen kolom diawali dengan tahap perancangan kolom, tahap penulangan kolom (dimana tulangan pile cap dipastikan telah dipasang), tahap pemasangan bekisting kolom, tahap pengecoran (sebelumnya dilakukan *slump test* dan pembuatan benda uji silinder), tahap pembongkaran bekisting kolom, dan tahap perawatan beton.

Kata kunci : Bangunan Gedung Pasar, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah, Statik Ekuivalen.

**REDESIGN OF STRUCTURE 4 STORY MARKET
BUILDING IN PASURUAN WITH INTERMEDIATE
MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM (SRPMM)
METHOD AND METHOD OF IMPLEMENTATION ON
THE COLUMN ELEMENT**

Student's Name : 1. Shafira Devayanti
2. Brigitta Riska Purnamastuti
NRP : 1. 3114 030 058
2. 3114 030 066
Major : Diploma III of Civil Engineering
Department : Civil Infrastructure Engineering
FV-ITS
Counsellor Lecture : Ir. Boedi Wibowo, CES

ABSTRACT

The 4 Story Market Building is located in Pasuruan, the building is originally has 2 floors, shaped trapezoidal, the height of the building is 8,60 m, and the building area of 23.475 m² is converted into a 4 floor building, shaped rectangular, the height of the building 19,50 m, and building area of 2.016 m² (42 m x 48 m). Based on the results of Standard Penetration Test (SPT) in Pasuruan area, it is known that the building is built on land with medium soil condition (class of SD site) and included in Category of Seismic Design (KDS) C. Therefore, the calculation of this building structure using Intermediate Moment Resisting Frame System (SRPMM) method referring to SNI 1726: 2012.

For the load planning due to the earthquake using the equivalent static method because this building belong to the category of regular buildings. While the non earthquake load can be adjusted with the regulation of SNI 1727: 2013. The main material in the manufacture of this structure is reinforced concrete which refers to SNI 2847: 2013. The Phase of this final project work begins with the collection of data in the form of soil data, architectural drawings and structures, and references that

will be used. Next phase is to determine the optimal structure for this building. Then analyze the loading of structures and inner forces, determine the reinforcement, and control it with the requirements. And finished by calculating the volume of concretion and the volume of concrete for the two portals.

The result of this structural calculation was obtained by 6 types of beams which are beam B1 (35/55) cm, B2 (30/40) cm, B3 (20/30) cm, B4 (35/55) cm, B5 (30/45) cm , And B6 (30/45) cm. For the columns obtained 2 types of K1 and K2 with dimensions (50/50) cm. Then, also obtained the dimensions of sloof (35/55) cm, the thickness of plate floor and plate roof is 12 cm and the thickness of plate ladder and landing is about 15 cm. Be sides of those, there is a reinforcing ratio of the longitudinal portal of $178,418 \text{ kg/m}^3$ and the repeating ratio of the transverse portal of $177,967 \text{ kg/m}^3$. For the method of implementation on the column element begins with the design stage of the column, the stage of column reinforcement (where the pile cap reinforcement is fixed), the column forming stage, the casting stage (the slump test and the manufacture of the cylindrical test object should be done first), the demolition stage of column formwork, and stage of concrete treatment.

Keywords : Market Building, Intermediate Moment Resisting Frame System, Static Equivalent.

KATA PENGANTAR

Kami mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Terapan dengan judul “Desain Ulang Struktur Gedung Pasar 4 Lantai di Pasuruan dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dan Metode Pelaksanaan pada Elemen Kolom” dengan baik.

Desain ulang struktur gedung pasar ini disusun dengan tujuan untuk merencanakan bangunan pasar yang lebih optimal di Pasuruan. Sehingga bahan-bahan untuk bangunan ini tidak mengalami *waste* yang besar.

Tersusunnya laporan tugas akhir terapan ini tidak terlepas juga dari berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan, arahan serta bantuan kepada kami. Untuk itu kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Boedi Wibowo, CES selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Terapan,
2. Bapak/Ibu Dosen, seluruh Staf Karyawan DIII Teknik Sipil Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS,
3. Kedua orang tua kami dan saudara-saudara kami yang selalu memberikan motivasi dan mendoakan kami,
4. Rekan-rekan yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu.

Kami menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir terapan ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun. Demikian yang dapat kami sampaikan, kami mengucapkan terima kasih.

Surabaya , 13 Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOTASI	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Referensi	5
2.2 Pembebanan	5
2.2.1 Beban Mati	6
2.2.2 Beban Hidup	6
2.2.3 Beban Angin	6
2.2.4 Beban Hujan	6
2.2.5 Beban Gempa	7
2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah	7
2.3.1 Kekuatan Geser.....	8
2.3.2 Balok.....	9

2.3.3 Kolom	9
BAB III METODOLOGI	11
3.1 Pengumpulan Data	11
3.1.1 Data Asli Proyek	11
3.1.2 Data Desain Ulang	12
3.1.3 Data Material	12
3.1.4 Data Tanah	12
3.2 Perhitungan Preliminari Desain	12
3.2.1 Struktur Primer	13
3.2.2 Struktur Sekunder	15
3.3 Analisis Pembebanan	20
3.3.1 Beban Mati.....	20
3.3.2 Beban Hidup	21
3.3.3 Beban Angin	21
3.3.4 Beban Hujan	21
3.3.5 Beban Gempa.....	22
3.4 Analisis Struktur.....	30
3.5 Analisis Gaya Dalam.....	31
3.6 Perhitungan Penulangan Struktur.....	32
3.6.1 Penulangan Struktur Sekunder.....	32
3.6.2 Penulangan Struktur Primer.....	37
3.7 Gambar Rencana	54
3.8 Flow Chart Metodologi	55
3.8.1 Metodologi Perencanaan.....	55
3.8.2 Perencanaan Gempa.....	57

3.8.1 Struktur Sekunder	59
3.8.2 Struktur Primer	63
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	71
4.1 Perencanaan Dimensi Struktur	71
4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok	71
4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom	77
4.1.3 Perencanaan Dimensi Sloof	80
4.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat	81
4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga	91
4.2 Penentuan Metode Perhitungan Struktur	96
4.3 Perhitungan Beban Struktur	99
4.3.1 Beban pada Pelat	99
4.3.2 Beban pada Tangga	102
4.3.3 Beban pada Dinding Bata Ringan	104
4.3.4 Beban pada Dinding Partisi	105
4.3.5 Beban Angin	106
4.3.6 Beban Gempa Statik Ekuivalen	113
4.4 Perhitungan Tulangan Pelat	120
4.4.1 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai 2	120
4.4.2 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai Atap	133
4.4.3 Hasil Perhitungan Penulangan Pelat Lantai	145
4.4.4 Perhitungan Tangga dan Bordes	146
4.4.5 Hasil Perhitungan Tangga dan Bordes	160
4.4.6 Perhitungan Cross Tangga	160
4.5 Perhitungan Balok Induk	168

4.5.1 Data Perencanaan.....	169
4.5.2 Perhitungan Penulangan Puntir.....	173
4.5.3 Perhitungan Penulangan Lentur.....	176
4.5.4 Perhitungan Penulangan Geser.....	195
4.5.5 Panjang Penyaluran.....	203
4.5.6 Gambar Penulangan.....	205
4.6 Perhitungan Balok Anak.....	206
4.6.1 Data Perencanaan.....	207
4.6.2 Perhitungan Penulangan Puntir.....	210
4.6.3 Perhitungan Penulangan Lentur.....	212
4.6.4 Perhitungan Penulangan Geser.....	229
4.6.5 Panjang Penyaluran.....	237
4.6.6 Gambar Penulangan.....	240
4.6.7 Hasil Perhitungan Balok.....	240
4.7 Perhitungan Kolom.....	242
4.7.1 Data Perencanaan.....	242
4.7.2 Perhitungan Tulangan Lentur Kolom.....	245
4.7.3 Perhitungan Tulangan Geser Kolom.....	269
4.7.4 Perhitungan Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom.....	276
4.7.5 Panjang Penyaluran Tulangan Kolom.....	276
4.7.6 Hasil Perhitungan Kolom.....	276
4.8 Perhitungan Sloof.....	277
4.8.1 Data Perencanaan.....	278
4.8.2 Perhitungan Penulangan Puntir.....	282
4.8.3 Perhitungan Penulangan Lentur.....	285

4.8.4 Perhitungan Penulangan Geser	303
4.8.5 Panjang Penyaluran	311
4.8.6 Gambar Penulangan.....	313
4.9 Perhitungan Bestat Tulangan	314
4.9.1 Perhitungan Volume Pembesian <i>Sloof</i>	314
4.9.2 Rekapitulasi Volume Pembesian Dua Portal	320
4.9.3 Perhitungan Volume Beton Pada Sloof	322
4.9.4 Rekapitulasi Volume Beton Dua Portal.....	323
4.10 Metode Pelaksanaan pada Elemen Kolom.....	324
4.10.1 Perancangan Struktur Kolom.....	324
4.10.2 Penulangan Kolom.....	325
4.10.3 Pemasangan Bekisting Kolom.....	326
4.10.4 Pengecoran Struktur Kolom	327
4.10.5 <i>Slump Test</i>	332
4.10.6 Pembuatan Benda Uji Silinder.....	327
4.10.7 Pembongkaran Bekisting Kolom.....	336
4.10.8 Perawatan Beton Kolom.....	337
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	339
5.1 Kesimpulan	339
5.2 Saran	346
DAFTAR PUSTAKA.....	347
LAMPIRAN	348
BIODATA PENULIS.....	348

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 : Pelat Satu Arah.....	16
Gambar 3.2 : Pelat Dua Arah	17
Gambar 3.3 : Peta Respons Spektra Percepatan 0,2 Detik (Ss) di Batuan Dasar (Sb) untuk Probabilitas Terlampaui 10% dalam 50 tahun	24
Gambar 3.4 : Peta Respons Spektra Percepatan 1,0 Detik (Ss) di Batuan Dasar (Sb) untuk Probabilitas Terlampaui 10% dalam 50 tahun.....	25
Gambar 3.5 : Lebar Efektif untuk Penempatan Tulangan pada Sambungan Tepi dan Sudut.....	34
Gambar 3.6 : Geser Desain untuk Rangka Momen Menengah ...	40
Gambar 3.7 : Faktor Panjang Efektif (k)	50
Gambar 4.1 : Rencana Dimensi Balok Induk 35/55	72
Gambar 4.2 : Rencana Dimensi Balok Induk 30/40	73
Gambar 4.3 : Rencana Dimensi Balok Anak 20/30	74
Gambar 4.4 : Rencana Dimensi Balok Kantilever 35/55	75
Gambar 4.5 : Rencana Dimensi Balok Bordes 30/45	76
Gambar 4.6 : Rencana Dimensi Balok Lift 30/45	77
Gambar 4.7 : Rencana Dimensi Kolom Utama 50/50	79
Gambar 4.8 : Rencana Dimensi Kolom Lift 50/50.....	80
Gambar 4.9 : Rencana Dimensi Sloof 35/55	81
Gambar 4.10 : Mekanika Perencanaan Tangga.....	91
Gambar 4.11 : Denah Tangga Kecil	92
Gambar 4.12 : Denah Tangga Utama	94

Gambar 4.13 : Sketsa Penulangan Pelat Lantai	132
Gambar 4.14 : Denah Balok yang Ditinjau pada Lantai 2, Tipe Balok B1A	169
Gambar 4.15 : Hasil Output SAP 2000 Gaya Torsi.....	171
Gambar 4.16 : Hasil Output SAP 2000 Momen Lapangan	171
Gambar 4.17 : Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan Kanan.....	171
Gambar 4.18 : Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan Kiri.....	171
Gambar 4.19 : Hasil Output SAP 2000 Gaya Geser Muka Kolom	172
Gambar 4.20 : Kebutuhan Tulangan Tumpuan Balok B1A	194
Gambar 4.21 : Kebutuhan Tulangan Lapangan Balok B1A.....	195
Gambar 4.22 : Perencanaan Geser untuk Balok SRPMM.....	196
Gambar 4.23 : Detail Tulangan Balok B1A pada Lantai 2.....	205
Gambar 4.24 : Detail Penulangan Balok B1A 8/G-I pada Lantai 2.....	206
Gambar 4.25 : Denah Balok yang Ditinjau pada Lantai 2, Tipe Balok B3.....	206
Gambar 4.26 : Hasil Output SAP 2000 Gaya Torsi.....	208
Gambar 4.27 : Hasil Output SAP 2000 Momen Lapangan	209
Gambar 4.28 : Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan Kanan.....	209
Gambar 4.29 : Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan Kiri.....	209

Gambar 4.30 : Hasil Output SAP 2000 Gaya Geser Muka	
Kolom.....	209
Gambar 4.31 : Kebutuhan Tulangan Tumpuan Balok B3	229
Gambar 4.32 : Kebutuhan Tulangan Lapangan Balok B3.....	229
Gambar 4.33 : Perencanaan Geser untuk Balok SRPMM.....	231
Gambar 4.34 : Detail Tulangan Balok B3 pada Lantai 2	240
Gambar 4.35 : Denah Kolom K1 yang Ditinjau.....	242
Gambar 4.36 : Grafik Aligment	250
Gambar 4.37 : Detail Penulangan Kolom K1.....	268
Gambar 4.38 : Output Gaya PCaCol.....	270
Gambar 4.39 : Lintang Rencana untuk SRPMM.....	271
Gambar 4.40 : Denah Sloof yang Ditinjau Tipe S1.....	278
Gambar 4.41 : Hasil Output SAP 2000 Gaya Torsi	280
Gambar 4.42 : Hasil Output SAP 2000 Momen Lapangan	280
Gambar 4.43 : Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan	
Kanan.....	280
Gambar 4.44 : Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan	
Kiri	280
Gambar 4.45 : Hasil Output SAP 2000 Gaya Geser Muka	
Kolom.....	281
Gambar 4.46 : Kebutuhan Tulangan Tumpuan Balok S1	302
Gambar 4.47 : Kebutuhan Tulangan Lapangan Balok S1	303
Gambar 4.48 : Perencanaan Geser untuk Balok SRPMM	304
Gambar 4.49 : Detail Tulangan Sloof S1	313
Gambar 4.50 : Detail Penulangan Balok S1 As 8/G-I.....	314

Gambar 4.51 : Detail Tulangan Sloof.....	317
Gambar 4.52 : Potongan Tulangan Sloof Sisi Atas	315
Gambar 4.53 : Potongan Tulangan Sloof Sisi Bawah	316
Gambar 4.54 : Potongan Tulangan Tarik Sloof Tumpuan Kiri.....	316
Gambar 4.55 : Potongan Tulangan Tekan Sloof Tumpuan Kiri.....	317
Gambar 4.56 : Potongan Tulangan Tarik Sloof Tumpuan Kanan.....	318
Gambar 4.57 : Potongan Tulangan Tekan Sloof Tumpuan Kiri.....	318
Gambar 4.58 : Potongan Tulangan Torsi Sloof.....	318
Gambar 4.59 : Potongan Tulangan Senggang Sloof.....	319
Gambar 4.60 : Elemen Sloof	322
Gambar 4.61 : Tulangan Kolom	325
Gambar 4.62 : Bekisting Kolom.....	326
Gambar 4.63 : Pengecoran Kolom dengan Bucket Cor.....	327
Gambar 4.64 : Cetakan untuk Uji Slump (Kerucut Abraham) ..	330
Gambar 4.65 : Pemadatan Beton	331
Gambar 4.66 : Pengangkatan Cetakan Kerucut.....	331
Gambar 4.67 : Pembongkaran Bekisting Kolom oleh Pekerja	336

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 : Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah bila Lendutan Tidak Dihitung	13
Tabel 3.2 : Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah bila Lendutan Tidak Dihitung	16
Tabel 3.3 : Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior	18
Tabel 3.4 : Klasifikasi Situs	23
Tabel 3.5 : Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek	23
Tabel 3.6 : Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 Detik	24
Tabel 3.7 : Koefisien Situs (F_a).....	25
Tabel 3.8 : Koefisien Situs (F_v)	26
Tabel 3.9 : Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_y dan x	27
Tabel 3.10 : Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung.....	27
Tabel 3.11 : Kategori Resiko Bnagunan Gedung dan Non Gedung	28
Tabel 3.12 : Faktor Keutamaan Gempa.....	29
Tabel 3.13 : Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	29
Tabel 3.14 : Rasio Tulangan Susut dan Suhu.....	36
Tabel 3.15 : Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir....	44
Tabel 3.16 : Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir....	47
Tabel 4.1 : Rekapitulasi Dimensi Balok.....	77

Tabel 4.2 : Rekapitulasi Dimensi Kolom	80
Tabel 4.3 : Rekapitulasi Dimensi Sloof.....	81
Tabel 4.4 : Rekapitulasi Dimensi Pelat	90
Tabel 4.5 : Klasifikasi Situs.....	97
Tabel 4.6 : Rekapitulasi Penulangan Balok.....	240
Tabel 4.7 : Faktor Modifikasi untuk Deviasi Standar	
Benda Uji jika Jumlah Pengujian Kurang dari 30 ...	333
Tabel 4.8 : Kekuatan Tekan Rata-Rata Perlu bila Data	
Tersedia untuk Menetapkan Deviasi Standar	
Benda Uji.....	333

DAFTAR NOTASI

A_{cp}	=	Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton (mm ²)
A_g	=	Luas bruto penampang (mm ²)
A_{oh}	=	Luas daerah yang dibatasi oleh garis pusat tulangan sengkang torsi terluar (mm ²)
A_s	=	Luas tulangan tarik non prategang (mm ²)
A_{sc}	=	Luas tulangan tulangan longitudinal / lentur rencana yang diperhitungkan dalam memikul momen lentur (mm ²)
A'_s	=	Luas tulangan tekan non prategang (mm ²)
b	=	Lebar daerah tekan komponen struktur (mm)
b_w	=	Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
C'_c	=	Gaya pada tulangan tekan
C'_s	=	Gaya tekan pada beton
d	=	Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
d'	=	Jarak dari serat tekan terluar ke tulangan tekan (mm)
d_b	=	Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
D	=	Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
E_c	=	Modulus elastisitas beton (Mpa)
E	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang terkait
E_x	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah X
E_y	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah Y
I_b	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok

I_p	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat
f'_c	=	Kuat tekan beton yang disyaratkan (Mpa)
f_y	=	Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non pra-tegang (Mpa)
h	=	Tinggi total dari penampang
h_n	=	Bentang bersih kolom
k	=	Faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan
l	=	Panjang bentang balok atau pelat satu arah
l_n	=	Bentang bersih balok
l_o	=	Panjang yang diukur dari muka joint sepanjang sumbu komponen struktur
l_u	=	Panjang tak tertumpu komponen struktur tekan
M_u	=	Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
M_{nb}	=	Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
M_{nc}	=	Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
M_n	=	Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
M_{nl}	=	Momen kapasitas balok penampang kiri (Nmm)
M_{nr}	=	Momen kapasitas balok penampang kanan (Nmm)
M_{nt}	=	Momen kapasitas balok penampang atas (Nmm)
M_1	=	Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada Komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
M_2	=	Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)
N	=	Nilai Test Penetrasi Standar pada suatu lapisan tanah, gaya normal secara umum
N_u	=	Beban aksial terfaktor
P_{cp}	=	Keliling luar penampang beton (mm)

P_h	=	Keliling dari tulangan sengkang torsi
P_u	=	Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
r	=	Radius girasi penampang komponen struktur tekan
R	=	Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut, faktor reduksi gempa representatif struktu gedung tidak beraturan
S	=	Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan
S_n	=	Kekuatan lentur, geser, atau aksial nominal sambungan
s_o	=	Spasi pusat ke pusat tulangan transversal dalam panjang l_o mm
T	=	Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya faktor respons gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respons gempa rencana
T_n	=	Kuat momen torsi nominal (Nmm)
T_u	=	Momen torsi terfaktor pada penampang Nmm)
V_c	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
V_n	=	Pengaruh gempa rencana pada taraf pembebanan nominal untuk strukutr gedung dengan tingkatan daktilitas umum, pengaruh gempa rencana pada saat didalam struktur terjadi pelelehan pertama yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f_l
V_s	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
V_u	=	Gaya geser terfaktor pada penampang (N)

W_u	=	Beban terfaktor per satuan panjang balok atau pelat satu arah
α	=	Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasidengan lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
α_m	=	Nilai rata-rata α untuk semua balok tepi dari suatu panel
β	=	Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
β_d	=	Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum
β_n	=	Faktor untuk memperhitungkan pengaruh angkur pengikat pada kuat tekan efektif zona nodal
ρ	=	Rasio tulangan tarik
ρ'	=	Rasio tulangan tekan
ρ_b	=	Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
ρ_{max}	=	Rasio tulangan tarik maksimum
ρ_{min}	=	Rasio tulangan tarik minimum
μ	=	Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruhgempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadi pelelehan pertama
Ψ	=	Faktor kekangan ujung – ujung kolom

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Desain Ulang Struktur Gedung Pasar 4 Lantai di Pasuruan dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Metode Pelaksanaan pada Elemen Kolom ini terletak di daerah Kabupaten Pasuruan. Sesuai dengan peraturan perencanaan beban gempa, gedung ini termasuk dalam kategori resiko II karena gedung tersebut sebagai fasilitas umum yaitu pasar konveksi.

SRPMM adalah suatu sistem rangka ruang dalam dimana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya dapat menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Permodelan struktur akan digunakan aplikasi berupa SAP 2000. Karena bentuk dari Gedung Pasar 4 Lantai ini simetris, maka perencanaan gempa dihitung dengan analisa beban gempa statik ekuivalen sesuai dengan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

Desain Ulang Struktur Gedung Pasar 4 Lantai di Pasuruan dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Metode Pelaksanaan pada Elemen Kolom ini direncanakan mempunyai struktur yang bisa menahan gaya gempa kategori sedang. Tujuannya agar gedung tidak runtuh dan terlindungi dari kerusakan.

Dalam perencanaan ini dilakukan perubahan bentuk asli bangunan yaitu dengan menambahkan tinggi bangunan, lebar bangunan, serta mengubah beberapa desain dari bangunan asli.

1.2 Rumusan Masalah

Pada tugas akhir desain ulang struktur ini terdapat permasalahan-permasalahan yang perlu diperhatikan, antara lain :

1. Bagaimana cara menentukan metode Sistem Rangka Pemikul Momen yang digunakan untuk menghitung struktur tersebut?
2. Bagaimana mendapatkan hasil perhitungan struktur yang telah diubah dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan dapat memenuhi syarat sesuai dengan peraturan-peraturan yang berlaku?
3. Bagaimana metode pelaksanaan pada elemen kolom?
4. Bagaimana mengaplikasikan hasil desain ulang struktur bangunan gedung pasar 4 lantai di Pasuruan ke dalam bentuk gambar teknik?
5. Bagaimana menghitung volume pembesian pada portal yang ditentukan untuk gedung pasar 4 lantai di Pasuruan?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini, antara lain :

1. Perencanaan struktur bangunan meliputi :
 - a. Struktur atap : Rangka baja diubah menjadi pelat beton.
 - b. Struktur primer : Balok induk, *sloof*, dan kolom menggunakan beton bertulang.
 - c. Struktur sekunder : Pelat lantai dasar hingga lantai 3 (tiga), balok anak, serta tangga menggunakan beton bertulang.
2. Bangunan yang semula memiliki 2 (dua) lantai direncanakan menjadi bangunan gedung yang memiliki 4 (empat) lantai. Bangunan yang semula berbentuk trapesium juga dipotong sehingga bangunan berbentuk persegi panjang dengan lantai dasar berupa terminal.
3. Perencanaan beban gempa dihitung sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan

Non Gedung. Untuk perhitungan beban gempa menggunakan periode ulang 500 tahun.

4. Perhitungan struktur ini hanya meninjau 2 (dua) portal yaitu 1 (satu) portal melintang dan 1 (satu) portal memanjang.
5. Perencanaan struktur bangunan ini hanya meninjau bagian struktur serta metode pelaksanaan pada elemen kolom saja.

1.4 Tujuan

Penyusunan tugas akhir terapan ini dimaksudkan untuk mencapai beberapa tujuan, antara lain :

1. Mengetahui cara menentukan metode sistem rangka pemikul momen yang digunakan untuk menghitung struktur bangunan tersebut.
2. Membuat laporan perencanaan struktur gedung dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
3. Mengetahui metode pelaksanaan pada elemen kolom.
4. Menyajikan hasil dari perencanaan struktur tersebut ke dalam gambar teknik.
5. Dapat menghitung volume pembesian pada gedung pasar 4 lantai di Pasuruan.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui bagaimana cara merencanakan dan menghitung struktur bangunan gedung menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
2. Memahami dan meningkatkan kemampuan dalam perencanaan struktur bangunan gedung tersebut supaya tahan terhadap gempa sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan

Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

3. Untuk mengaplikasikan ilmu yang didapat selama perkuliahan yang berkaitan dengan teori dan perencanaan struktur gedung beton bertulang dengan data gedung yang nyata.
4. Sebagai sarana melatih kemampuan (*skill*) dalam menghadapi dunia kerja.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Referensi

Dalam menyelesaikan pendesainan ulang struktur bangunan gedung pasar 4 lantai di Pasuruan agar memenuhi kriteria kekuatan dan kelayakan yang dibutuhkan sebuah gedung, maka pada tinjauan pustaka ini akan dijelaskan secara garis besar mengenai teori dan studi pustaka. Adapun referensi-referensi yang digunakan untuk perhitungan struktur bangunan gedung pasar 4 lantai di Pasuruan adalah sebagai berikut :

1. SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
 2. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
 3. SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
 4. Buku Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang penerbit ITB.
 5. Buku Struktur Beton penerbit Zifatama Publisher.
 6. Buku Mekanika Teknik Statis Tak Tentu untuk Mahasiswa Program Diploma III Teknik Sipil FTSP ITS.
- Perencanaan pembebanan pada struktur gedung terdiri atas beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, dan beban hujan.

2.2 Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur gedung terdiri atas beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, dan beban air hujan.

2.2.1 Beban Mati

Menurut SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lainnya, beban mati merupakan berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung, maupun komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

2.2.2 Beban Hidup

Menurut SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lainnya, beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk dalam beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

2.2.3 Beban Angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk sistem penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untum menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut pasal 26 sampai dengan pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar ini. (*SNI 1727:2013 pasal 26*)

2.2.4 Beban Hujan

Menurut SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lainnya, setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem

drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah dengan beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air diatas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya.

2.2.5 Beban Gempa

Dalam perencanaan desain ulang gedung ini, beban gempa dihitung menggunakan statik ekuivalen. Beban gempa merupakan semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 10 persen. Bangunan ini menggunakan kategori desain seismik C sesuai SNI 1726:2012 agar mampu menahan gaya gempa kapasitas sedang.

2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) merupakan sistem rangka ruang dimana komponen-komponen strukturnya dapat menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Ketentuan-ketentuan untuk SRPMM mengacu pada SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung pasal 21.3 halaman 180, yaitu :

- a. Persyaratan dari 21.3 berlaku untuk rangka momen menengah yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa.
- b. Detail tulangan pada komponen struktur rangka harus memenuhi 21.3.4 bila gaya tekan aksial terfaktor, P_u , untuk komponen struktur yang tidak melebihi $(A_g f_c' / 10)$. Bila P_u lebih besar, detail tulangan rangka harus memenuhi 21.3.5. Bila sistem slab dua arah tanpa balok membentuk sebagian dari sistem penahan gaya gempa,

detail tulangan pada sebarang bentang yang menahan momen yang diakibatkan oleh E harus memenuhi 21.3.6 tentang slab dua arah tanpa balok.

2.3.1 Kekuatan Geser

a. Geser Balok

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.1, kuat geser rencana balok (ϕV_n) yang menahan pengaruh gempa (E) tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b) :

- a. Jumlah geser yang terkait dengan pengembangan M_n balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor.
- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E , dengan E diasumsikan sebesar dua kali yang yang ditetapkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa.

b. Geser Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.2, kuat geser rencana kolom (ϕV_n) yang menahan pengaruh gempa (E) tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b) :

- a. Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi.
- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E , dengan E ditingkatkan oleh Ω_0 (faktor amplifikasi) untuk

memperhitungkan kekuatan lebih sistem penahan gaya seismik yang ditetapkan sesuai dengan tata cara bangunan gedung umum yang diadopsi secara legal.

2.3.2 Balok

Berikut ini adalah penjelasan mengenai balok menurut SNI 2847:2013 :

- a. Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.
- b. Pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan sepanjang panjang tidak kurang dari $2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), (c), dan (d) :
 - (a) $d/4$;
 - (b) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi;
 - (c) 24 kali diameter batang tulangan sengkang;
 - (d) 300 mm.
- c. Sengkang harus dispasikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang balok.

2.3.3 Kolom

Berikut ini adalah penjelasan mengenai balok menurut SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung :

1. Kolom harus ditulangi secara spiral sesuai dengan pasal 7.10.4 atau harus memenuhi 21.3.5.2 hingga

- 21.3.5.4. Subpasal 21.3.5.5 berlaku untuk semua kolom, dan 21.3.5.6 berlaku untuk semua kolom yang menumpu komponen struktur kaku tak menerus.
2. Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan spasi s_o sepanjang panjang l_o diukur dari muka joint. Spasi s_o tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), (c), dan (d) :
 - (a) Delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi;
 - (b) 24 kali diameter batang tulangan begel;
 - (c) Setengah dimensi penampang kolom terkecil;
 - (d) 300 mm

Panjang l_o tidak boleh kurang dari yang terbesar dari (e), (f), dan (g) :

 - (e) Seperenam bentang bersih kolom;
 - (f) Dimensi penampang maksimum kolom;
 - (g) 450 mm.
 3. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari $s_o / 2$ dari muka joint.
 4. Di luar panjang l_o , spasi tulangan transversal harus memenuhi pasal 7.10 dan pasal 11.4.5.1.
 5. Tulangan transversal joint harus memenuhi pasal 11.10
 6. Kolom yang menumpu reaksi dari komponen struktur kaku tak menerus, seperti dinding, harus disediakan dengan tulangan transversal dengan spasi, s_o , sepanjang tinggi penuh di bawah tingkat dimana diskontinuitas terjadi jika bagian gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur ini terkait dengan pengaruh gempa yang melebihi $Agfc'/10$. Bila gaya desain harus diperbesar untuk memperhitungkan kekuatan lebih elemen vertikal sistem penahan gaya gempa, batas $Agfc'/10$ harus ditingkatkan menjadi $Agfc'/4$. Tulangan transversal ini harus menerus di atas dan di bawah kolom.

BAB III METODOLOGI

Metodologi dalam Desain Ulang Struktur Bangunan Gedung Pasar 4 Lantai di Pasuruan dengan menggunakan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Metode Pelaksanaan pada Elemen Kolom sebagai berikut :

3.1 Pengumpulan Data

Metodologi perencanaan melingkupi langkah-langkah umum dalam pengerjaan laporan akhir. Berikut merupakan urutan-urutan metodologi perencanaan.

3.1.1 Data Asli Proyek

Data asli proyek untuk perencanaan struktur gedung pasar adalah sebagai berikut :

Nama Proyek	: Proyek Pembangunan Pasar Sentra Konveksi Gempol Pasuruan
Alamat Proyek	: Jalan Raya Gempol Pasuruan
Pemilik Proyek	: Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Pasuruan
Konsultan Perencana	: PT. Empat Pilar
Konsultan Pelaksana	: PT. Bina Karya (Persero)
Kontraktor	: PT. Gunakarya Nusantara PT. Gorip Nanda Guna, kso
Luas Total Bangunan	: 23.475 m ² (bangunan utama dan infrastruktur)
Tinggi Bangunan	: 8,60 m
Struktur Bangunan	: Beton Bertulang dengan Atap Baja Ringan
Gambar Arsitektur	: Terlampir

3.1.2 Data Desain Ulang

Data Desain Ulang Struktur Gedung Pasar 4 Lantai di Pasuruan adalah sebagai berikut :

Judul Desain Ulang	: Struktur Gedung Pasar 4 Lantai di Pasuruan
Luas Total Bangunan	: 2.016 m ² (bangunan utama)
Tinggi Bangunan	: 19,50 m
Struktur Bangunan	: Beton Bertulang
Gambar Arsitektur	: Terlampir

3.1.3 Data Material

Spesifikasi material yang digunakan pada perencanaan gedung ini adalah sebagai berikut :

Mutu Beton (f_c')	: K-300 : 25 MPa
Mutu Baja.	
• Tegangan Leleh (F_y) $\emptyset > 12$: 400 MPa
• Tegangan Leleh (F_y) $\emptyset \leq 12$: 240 MPa
Modulus Elastisitas (E)	: 200000 MPa

3.1.4 Data Tanah

Data tanah yang diperlukan adalah data tanah dari pengujian tanah dengan menggunakan metode SPT (*Standart Penetration Test*) hingga kedalaman 24 meter sesuai dengan pengujian di lapangan. Data tanah yang digunakan untuk pendesainan ulang gedung ini menggunakan data tanah daerah Pasuruan.

3.2 Perhitungan Preliminari Desain

Preliminari desain merupakan suatu tahapan analisa untuk memperkirakan dimensi-dimensi struktur awal yang nantinya akan dilakukan perhitungan dengan bantuan aplikasi komputer untuk memperoleh dimensi-dimensi yang kuat serta efisien. Untuk merencanakan dimensi elemen struktur, perhitungan

dimensi-dimensi tersebut mengacu pada SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Elemen yang direncanakan antara lain :

3.2.1 Struktur Primer

Pada preliminari desain struktur primer terdiri dari perencanaan dimensi balok, dimensi kolom, dan dimensi sloof.

1. Perencanaan Dimensi Balok

Untuk menentukan suatu dimensi balok dapat menggunakan peraturan SNI 2847:2013 pada *Tabel 9.5(a)* :

Tabel 3.1 : Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah bila Lendutan Tidak Dihitung

	Tebal minimum h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung	Kedua ujung	Kantilever
Komponen Struktur	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat Masif Satu Arah	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{10}$
Balok atau Pelat Rusuk Satu Arah	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{18,5}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{8}$

Catatan :

Panjang bentang dalam mm.

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan-tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut :

- a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), w_c , diantara 1440 sampai 1840 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
- b) Untuk f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Untuk menentukan dimensi balok sebagai berikut :

- a. Dimensi pada balok induk

Jika f_y selain 420 MPa

$$h \geq \frac{1}{12} \times l \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

- b. Dimensi pada balok anak

Jika f_y selain 420 MPa

$$h \geq \frac{1}{21} \times l \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

- c. Dimensi pada balok kantilever

Jika f_y selain 420 MPa

$$h \geq \frac{1}{8} \times l \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

2. Perencanaan Dimensi Sloof

Untuk menentukan suatu dimensi sloof digunakan perhitungan yang sama dengan perhitungan dimensi balok induk sebagai berikut :

Jika f_y selain 420 MPa

$$h \geq \frac{1}{12} \times l \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

3. Perhitungan Dimensi Kolom

Untuk menentukan suatu dimensi kolom digunakan perhitungan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 8.10 yaitu sebagai berikut :

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

Keterangan :

I_{kolom} = Inersia kolom ($1/12 \times b \times h^3$)

L_{kolom} = Tinggi bersih kolom

I_{balok} = Inersia balok ($1/12 \times b \times h^3$)

L_{balok} = Tinggi bersih balok

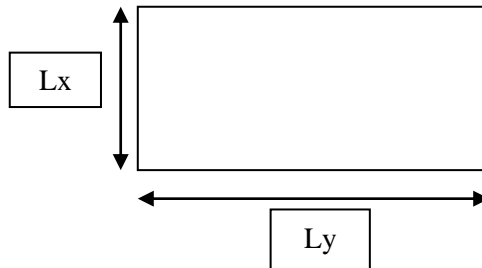
3.2.2 Struktur Sekunder

Pada preliminari desain struktur sekunder terdiri dari perencanaan tebal pelat lantai dan perencanaan tangga.

1. Perencanaan Tebal Pelat Lantai

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

- One Way Slab (Pelat Satu Arah)



Gambar 3.1 : Pelat Satu Arah

Apabila $\frac{L_y}{L_x} > 2$, maka pelat tersebut termasuk pelat satu arah (one way slab), dimana L_x merupakan bentang pendek dan L_y merupakan bentang panjang sehingga tebal minimum untuk pelat satu arah telah diatur sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.1.

Tabel 3.2 : Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah bila Lendutan Tidak Dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung	Kedua ujung	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau plat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8

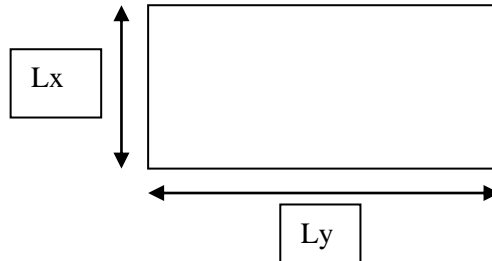
Catatan :

Panjang bentang dalam mm.

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan-tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut :

- a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), w_c , diantara 1440 sampai 1840 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
- b) Untuk f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

- Two Way Slab (Pelat Dua Arah)



Gambar 3.2 : Pelat Dua Arah

Apabila $\frac{L_y}{L_x} < 2$, maka termasuk pelat dua arah, dimana L_x adalah bentang pendek dan L_y adalah bentang panjang, sehingga sesuai SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3.3, tebal minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a) Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tebal minimum pelat tanpa balok

interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:

- Pelat tanpa penebalan > 125 mm
- Pelat dengan penebalan > 100 mm

Tabel 3.3 : Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh, f_y Mpa*	Tanpa penebalan**			Dengan penebalan**		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ***		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ***	
280	ln/33	ln/36	ln/36	ln/36	ln/40	ln/40
420	ln/30	ln/33	ln/33	ln/33	ln/36	ln/36
520	ln/28	ln/31	ln/31	ln/31	ln/34	ln/34
Untuk konstruksi dua arah, ln adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.						
* Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier						
** Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5						
*** Pelat dengan balok diantara kolom-kolomnya disepanjang tepi eksterior. Nilai untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8						

- b) Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tidak lebih dari 2,0 h, ketebalan pelat minimum harus memenuhi persamaan berikut.

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

Dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- c) Untuk α_m lebih besar dari 2h, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut.

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

- d) Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekuatan α_1 tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 9.12 dan 9.13 harus dinaikkan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

2. Perencanaan Dimensi Tangga

Perhitungan perencanaan dimensi tangga sebagai berikut :

- Syarat sudut kemiringan tangga

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

- Syarat lebar tanjakan dan tinggi injakan

$$60 \leq 2t + i \leq 65$$

- Sudut kemiringan tangga (α)

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

- Jumlah tanjakan

$$n_t = \frac{\text{tinggi bordes}}{\text{tinggi injakan}}$$

- Jumlah injakan

$$n_i = n_t - 1$$

- Panjang kemiringan anak tangga

$$\sqrt{t^2 + i^2}$$

- Tebal pelat ekivalen tangga

$$T_{pe} = \frac{t \times i}{\text{miring anak tangga}}$$

- Tebal efektif pelat tangga

$$T_{ag} = T_{pe} \times \frac{2}{3}$$

3.3 Analisis Pembebanan

3.3.1 Beban Mati

Menurut SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lainnya, beban mati merupakan berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung, maupun komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. Beban mati terdiri dari :

1. Berat sendiri pelat
2. Berat sendiri anak tangga
3. Keramik ($t = 10 \text{ mm}$)
4. Spesi ($t = 20 \text{ mm}$)
5. Aspal
6. Plafond ($t = 6 \text{ mm}$)
7. Instalasi listrik
8. Plumbing air kotor
9. Plumbing air bersih
10. Penggantung plafond
11. Dinding dan dinding partisi

12. Railing tangga

3.3.2 Beban Hidup

Menurut SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lainnya, beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk dalam beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup terdiri dari :

1. Beban hidup tangga dan bordes
2. Beban hidup atap
3. Beban hidup bangunan dengan fungsi sebagai pasar

3.3.3 Beban Angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk sistem penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untum menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut pasal 26 sampai dengan pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar ini. (*SNI 1727:2013 pasal 26*)

3.3.4 Beban Hujan

Menurut SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lainnya, setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah dengan beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air diatas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya.

$$R = 0,0098 (ds+dh)$$

Dengan :

R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam kN/m^2 . Apabila istilah atap yang tidak melendut digunakan, lendutan dari beban (termasuk beban mati) tidak perlu diperhitungkan ketika menentukan jumlah air hujan pada atap.

ds = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam (mm).

dh = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam (mm).

3.3.5 Beban Gempa

Dalam perencanaan desain ulang gedung ini, beban gempa dihitung menggunakan statik ekuivalen. Beban gempa merupakan semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 10 persen. Bangunan ini menggunakan kategori desain seismik C sesuai SNI 1726:2012 agar mampu menahan gaya gempa kapasitas sedang. Berikut ini adalah tahapan untuk menghitung beban gempa.

✚ Perhitungan nilai SPT rata-rata (\bar{N}).

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

- ✚ Menentukan klasifikasi situs tanah sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 5.3 dengan menggunakan SPT rata-rata (\bar{N}). Maka, dari nilai $\bar{N} = 46,5655$ dapat disimpulkan kelas situs tanah tersebut adalah tanah sedang (SD).

Tabel 3.4 : Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

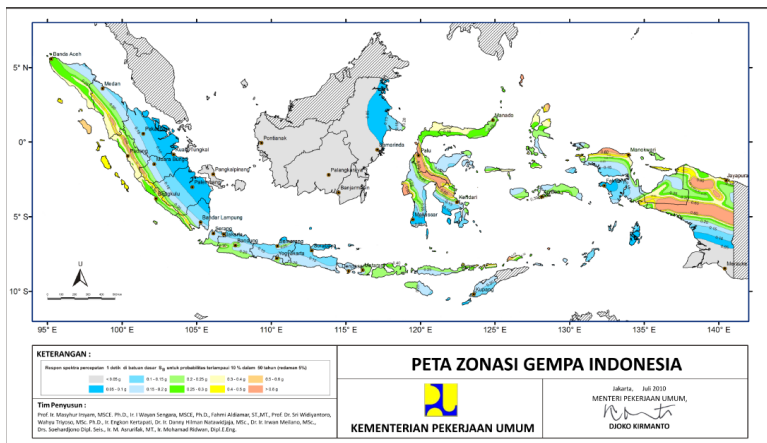
(sumber: SNI 1726:2012, Tabel 3)

- ✚ Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS) sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 6.5. Dari hasil perhitungan nilai S_{DS} dan S_{D1} , bangunan pasar ini termasuk dalam kategori Desain Seismik C. Nilai S_{DS} dan S_{D1} dihitung setelah mendapat nilai S_s dan S_1 pada peta hazard gempa Indonesia tahun 2010.

Tabel 3.5 : Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	C

(sumber: SNI 1726:2012, Tabel 6)



Gambar 3.4 : Peta Respon Spektra Percepatan 1,0 Detik (S_1) di Batuan Dasar (S_B) untuk Probabilitas Terlampaui 10% dalam 50 Tahun.

✚ Menentukan koefisien situs periode pendek (F_a) dan periode 1 detik (F_v) sesuai dengan SNI 1726:2012 pada pasal 6.2. Berikut ini tabel 2.5 dan 2.6 mengenai koefisien situs.

Tabel 3.7 : Koefisien Situs (F_a)

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ Detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0

(Sumber : SNI 1726:2012, Tabel 4)

Tabel 3.8 : Koefisien Situs (Fv)

Kelas Situs	Parameter respon spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada perioda 1 detik , S ₁				
	S ₁ ≤ 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ = 0,4	S ₁ ≥ 0,5
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5

(Sumber : SNI 1726:2012, Tabel 5)

- Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 6.2

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

- Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1}) sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 6.2

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

- Menentukan parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (S_{DS}) sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 6.3

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

- Menentukan parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik (S_{D1}) sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 6.3

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

- Menentukan besar periode (T)

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Keterangan :

h_n = tinggi bangunan (m)C_t = 0,0466 (ditentukan lihat tabel 2.7)

X = 0,9 (ditentukan lihat tabel 2.7)

Tabel 3.9 : Nilai Parameter Perioda
Pendekatan C_t dan x

Type Struktur	C_t	X
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9

(Sumber : SNI 1726:2012, Tabel 15)

Jika $T_c > C_u \cdot T_a$ maka gunakan $T = C_u \cdot T_a$

Jika $T_a < T_c < C_u \cdot T_a$ maka gunakan $T = T_c$

Jika $T_c < T_a$ maka gunakan $T = T_a$

Keterangan :

T_c : perioda fundamental struktur diperoleh dari analisa struktur

T_a : perioda fundamental pendekatan

C_u : koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Tabel 3.10 : Koefisien untuk Batas Atas pada
Perioda yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber : SNI 1726:2012, Tabel 14)

✚ Membuat respons spektrum gempa.

➤ Untuk perioda lebih kecil dari T_0 .

$$Sa = S_{DS}(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0})$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s

$$Sa = S_{DS}$$

- Untuk perioda lebih besar dari T_s

$$Sa = \frac{S_{D1}}{T}$$

- ✚ Menentukan kategori resiko struktur bangunan dan faktor keamanan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 4.1.2 yang dicantumkan pada tabel 2.9 dan 2.10 dibawah ini. Bangunan Pasar ini termasuk bangunan dalam kategori resiko II.

Tabel 3.11 : Kategori Resiko Bangunan
Gedung dan Non Gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, dan IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Perumahan ➤ Rumah toko dan rumah kantor ➤ Pasar ➤ Gedung perkantoran ➤ Gedung apartemen / rumah susun ➤ Pusat perbelanjaan / <i>mall</i> ➤ Bangunan industri ➤ Fasilitas manufaktur ➤ Pabrik 	II

(Sumber : SNI 1726:2012, Tabel 2.9)

Tabel 3.12 : Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0

(Sumber : SNI 1726:2012, Tabel 2.10)

- ✚ Menentukan nilai koefisien modifikasi respon (R) sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 seperti yang dicantumkan pada tabel 2.11.

Tabel 3.13 : Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respon, R^a	Faktor Kuat-lebih sistem, Ω_0^b	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_a (m) ^c				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C. Sistem Rangka Pemikul Momen								
(C5.) Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus	8	3	$5 \frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
(C6.) Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah	5	3	$4 \frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI
(C7.) Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Biasa	3	3	$2 \frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI

Keterangan : TB = Tidak Dibatasi ; TI = Tidak Diijinkan

(Sumber : SNI 1726:2012, Tabel 9)

- ✚ Menghitung gaya geser dasar seismik (V)

$$V = C_s \times W$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$\text{Sehingga, } V = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \times W$$

Keterangan :

V : Gaya geser dasar seismik

Cs : Koefisien respons seismik

- S_{DS} : Parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentan periode pendek
 R : Faktor modifikasi respons dalam SNI 1726:2012 tabel 9
 I_e : faktor keutamaan gempa dalam SNI 1726:2012 tabel 2

✚ Menghitung gaya geser dasar seismik per lantai (F)

$$F_x = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \times V$$

(SNI 1726:2012) pasal 7.8.3

Keterangan :

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton (kN)

W_i dan w_x = bagian berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat I atau x .

H_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x , dinyatakan dalam meter (m)

F_x = gaya dasar di tingkat x

K = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k= 1$.
- Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k= 2$
- Untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier 1 dan 2.

3.4 Analisis Struktur

Dalam perhitungan struktur bangunan menggunakan analisis Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

dan menggunakan program software berupa SAP 2000. Pada SAP 2000 tersebut, komponen-komponen struktur gedung dimodelkan seperti balok, kolom, sloof, pelat lantai, tangga, atap dan pondasi. Selain itu, pada dasar perletakan permodelan struktur bangunan menggunakan perletakan jepit. Untuk perencanaan gempa dengan cara analisis pembebanan dengan menggunakan pembebanan gempa “Statik Ekuivalen”.

3.5 Analisis Gaya Dalam

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 4.2.2 bahwa komponen elemen struktur dan elemen-elemen pondasi harus dirancang hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,0E + L$
- $0,9D + 1,0W$
- $0,9D + 1,0E$
- $1D + 1L$
- $1,2 D + 1,0 Ex + 0,3 Ey + L$
- $1,2 D + 1,0 Ey + 0,3 Ex + L$
- $0,9 D + 1,0 Ex + 0,3 Ey$
- $0,9 D + 1,0 Ey + 0,3 Ex$

Keterangan :

- D** : Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap.
- L** : Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

Lr	: Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
R	: Beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan oleh genangan air
W	: Beban angin
Ex	: Beban gempa arah x
Ey	: Beban gempa arah y

Sebagian dari sistem penahan gaya gempa, maka detail penulangan pada sembarang bentang yang menahan momen akibat pengaruh gempa (E) harus memenuhi SNI 2847:2013 pasal 21.3.6 tentang slab dua arah tanpa balok.

3.6 Perhitungan Penulangan Struktur

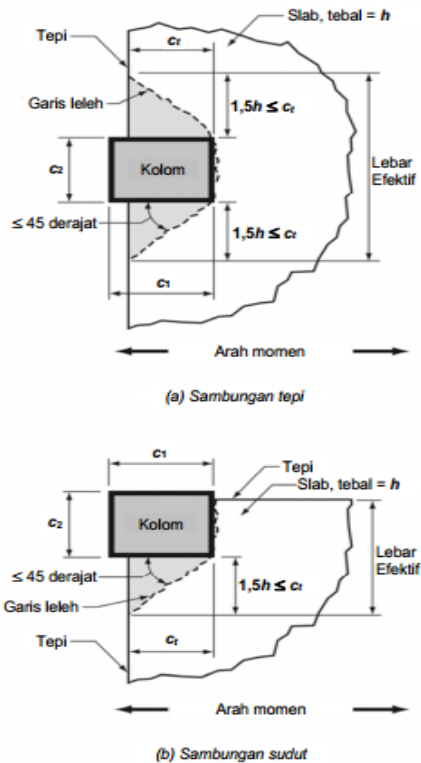
3.6.1 Penulangan Struktur Sekunder

Pelat Lantai

- Momen slab terfaktor pada tumpuan termasuk pengaruh gempa, E , harus ditentukan untuk kombinasi beban yang diberikan dalam persamaan ($U = 1,2D + 1E + 1L$ dan $U = 0,9D + 1E$). Tulangan yang disediakan untuk menahan M_{slab} harus ditempatkan dalam lajur kolom yang didefinisikan dalam Pasal 13.2.1 (Gambar S21.3.6.1). (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.6.1)
- Tulangan yang ditempatkan dalam lebar efektif yang ditetapkan dalam 13.5.3.2 harus diproporsikan untuk menahan $\gamma_f M_{slab}$. Lebar slab efektif untuk sambungan eksterior dan sudut tidak boleh menerus melewati muka kolom jarak lebih besar dari c_t yang diukur tegak lurus terhadap bentang slab (Gambar S21.3.6.1). (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.6.2)
- Tidak kurang dari setengah tulangan pada lajur kolom di tumpuan harus ditempatkan dalam lebar slab efektif

yang diberikan dalam 13.5.3.2 (Gambar S21.3.6.1). (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.6.3)

- Tidak kurang dari seperempat tulangan atas di tumpuan pada lajur kolom harus menerus sepanjang bentang. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.6.4)
- Tulangan bawah yang menerus pada lajur kolom tidak boleh kurang dari sepertiga tulangan atas di tumpuan pada lajur kolom. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.6.5)
- Tidak kurang dari setengah dari semua tulangan lajur tengah bawah dan semua tulangan lajur kolom bawah di tengah bentang harus menerus dan harus mengembangkan f_y di muka tumpuan seperti di definisikan dalam 13.6.2.5. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.6.6)
- Pada tepi slab yang tidak menerus, semua tulangan atas dan bawah pada tumpuan harus disalurkan di muka tumpuan seperti di definisikan dalam 13.6.2.5. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.6.7)
- Pada penampang kritis untuk kolom yang didefinisikan dalam 11.11.1.2, geser dua arah yang diakibatkan oleh beban gravitasi terfaktor tidak boleh melebihi $0,4\phi V_c$, dimana V_c harus dihitung seperti di definisikan dalam 11.11.2.1 untuk slab bukan prategang dan dalam 11.11.2.2 untuk slab prategang. Di ijin untuk mengabaikan persyaratan ini jika desain slab memenuhi persyaratan dari 21.13.6. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.6.8)



Gambar 3.5: Lebar Efektif untuk Penempatan Tulangan pada Sambungan Tepi dan Sudut
(Sumber : SNI 2847-2013, Gambar S21.3.6.1)

Perencanaan penulangan pada pelat lantai

1. Analisis Struktur Pelat

Rasio kekakuan balok terhadap plat :

$$\alpha = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cp} \cdot I_p} > 1$$

(Sumber : SNI 2847 – 2013, Pasal 13.3.6)

Keterangan :

- E_{cn} : Modulus elastisitas balok beton

- Ecp : Modulus elastisitas pelat beton
- Ib : Momen Inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
- Ip : Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto plat

2. Perhitungan Momen-Momen yang Terjadi pada Pelat

- $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$
(SNI 2847–2013, Pasal 10.5.1)
- $\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
(SNI 2847–2013, Lampiran Pasal B8.4.2)
- $\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$
(SNI 2847–2013, Lampiran Pasal B10.3.3)
- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$
(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)
- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$
(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)

Bila $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka ρ_{perlu} dinaikan 30 %, Sehingga ;

- $\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$
- $A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$

Bila $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$ maka dimensi pelat diperbesar.

3. Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2

- $S_{\max} < 2 \cdot h$

Keterangan : h = Tinggi plat

S_{\max} = Jarak maksimum tulangan

4. Kontrol Tulangan Susut dan Suhu

Berdasarkan *SNI 2847:2013, Pasal 7.12.2.1* Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

Tabel 3.14 : Rasio Tulangan Susut dan Suhu

		Rasio tulangan minimum terhadap luas bruto
a	Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350	0,0020
b	Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420	0,0018
c	Slab yang menggunakan tulangan	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

5. Kontrol Jarak Spasi Antar Tulangan Susut dan Suhu

Berdasarkan *SNI 2847:2013, Pasal 13.3.2*, tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

Pelat Tangga

Langkah-langkah dalam perencanaan penulangan pada pelat tangga sama dengan pada perencanaan penulangan pada pelat lantai.

3.6.2 Penulangan Struktur Primer

Balok

- Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.4.1)
- Pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan sepanjang panjang tidak kurang dari $2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi tulangan tidak boleh lebih kecil dari :
 - a. $d/4$
 - b. Delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi
 - c. 24 kali diameter batang tulangan sengkang
 - d. 300 mm
 (SNI 03-2846-2013, Pasal 21.3.4.2)
- Sengkang harus dipastikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang balok. (SNI 03-2846-2013, Pasal 21.3.4.3).

1. Perhitungan penulangan lentur

- a) Menentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok diperoleh dari output program SAP 2000.
- b) Perhitungan Penulangan lentur Balok:
 - $d = bw - \text{decking} - \emptyset \text{sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{tul. utama}$
 - $d' = \text{decking} + \emptyset \text{sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{tul. utama}$
 - $M_n = \frac{M_u}{\phi}$

(SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1)

- $$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c''}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847-2013, Lampiran B8.4.2)

- $$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

(SNI 2847-2013, Lampiran B 10.3.3)

- $$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1)

- $$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)

- $$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)

- Hitung $x \leq 0,75 x_b$

- $$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

- $$Asc = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x}{f_y}$$

- $$Mnc = Asc \cdot F_y$$

- $$Mns = Mn - Mnc = \frac{Mu}{\phi} - Mnc$$

Cek Tulangan Tunggal/Rangkap

- Jika $(Mn - Mnc) > 0$, maka perlu tulangan rangkap, untuk menentukan kebutuhan tulangan rangkapnya dapat digunakan langkah-langkah berikut ini :

$$Cs' = T_2 = \frac{Mn - Mnc}{d - d''}$$

$$fs' = \left(\frac{x - d''}{x} \right) \cdot 600$$

Jika $fs' > f_y$, maka tulangan tekan leleh

Jika $fs' = f_y$, maka tulangan tekan

Jika $f_s' < f_y$, maka tulangan tekan tidak leleh

$$\text{Tulangan tekan perlu (As')} = \frac{C s'}{(f_s' - 0,85 \cdot f_c')}$$

$$\text{Tulangan Tarik tambahan (Ass)} = \frac{T_2}{f_y}$$

- Jika $(M_n - M_{nc}) < 0$, maka tidak perlu tulangan rangkap, untuk menentukan kebutuhan tulangan rangkapnya dapat digunakan langkah-langkah berikut ini :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

Jika $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$ maka $\rho \text{ perlu}$ dinaikan 30 %, Sehingga :

$\rho \text{ pakai} = 1,3 \times \rho \text{ perlu}$

$A_s = \rho \text{ perlu} \times b \times d$

Jika $\rho \text{ perlu} > \rho \text{ min}$ maka dimensi balok diperbesar.

- Tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$A_s = A_s'$$

- Kontrol jarak spasi tulangan sesuai *SNI 2847-2013*, *Pasal 7.6.2*

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{tul sengkang}}) - (n \times \phi_{\text{tul sengkang}})}{n - 1}$$

Dimana : $s \geq 25 \text{ mm}$

- Kontrol kekuatan sesuai *SNI 2847-2013*, *Pasal 22.5.1*

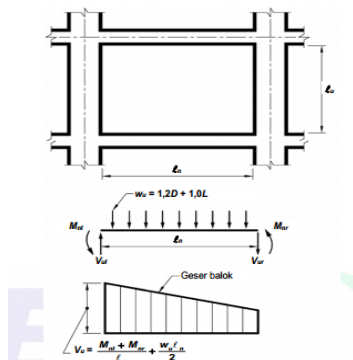
$$\phi M_n \geq M_u$$

2. Perhitungan penulangan geser

- Penentuan V_u, V_c, V_s , dan V_s

Berdasarkan *SNI 2847 – 2013* Pasal 21.3.2 gaya lintang maksimum yang didapatkan dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa (E), dimana E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa

$$W_u = 1,2 D + 1,0 L$$



Gambar 3.6 :Geser Desain untuk Rangka Momen Menengah
(Sumber *SNI 03 -2847 -2013; Gambar S21.3.3*)

$$V_u = \frac{M_{nr} + M_{nl}}{L_n} + \frac{W_u \cdot L_n}{2}$$

Keterangan :

- V_u : gaya lintang horizontal terfaktor pada suatu lantai
 M_{nl} : Momen nominal penampang kiri
 M_{nr} : Momen nominal penampang kanan
 W_u : beban terfaktor per unit luas
 L_n : bentang balok

Nilai $\sqrt{f'c'}$ yang digunakan dalam pasal ini tidak boleh melebihi 8,3 MPa, kecuali seperti 11.1.2.1. (*SNI 03 – 2847 -2013, Pasal 11.1.2*)

Perhitungan kuat geser beton yang dibebani oleh geser :

- $\phi V_u \geq V_n$
 $V_n = V_c + V_s$
(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.1.1)
- $V_c = 0,17\lambda\sqrt{f_c'} bw \cdot d$
(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.2.1.1)
- $V_s \min = \frac{1}{3} \times bw \times d$
(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.6)
- $V_s \max = 0,66\sqrt{f_c'} bw \cdot d$
(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.5.3)
- $V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$
(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.7.2)
- $A_v = 0,062\sqrt{f_c'} \frac{bw \cdot s}{f_{yt}}$
(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.6.3)

Kontrol kondisi

- a. Kondisi 1
 $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$
 (Tidak perlu tulangan geser)
- b. Kondisi 2
 $0,5 \cdot \phi \cdot V_c < V_u \leq \phi \cdot V_c$
 (Perlu tulangan geser minimum)
 $A_v \min = \frac{0,35 \cdot S}{f_y}$
 $S \leq \frac{d}{2}$ dan $S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$
- c. Kondisi 3
 $\phi \cdot V_c < V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_s \min)$
 (Perlu tulangan geser minimum)
 $A_v \min = \frac{0,35 \cdot S}{f_y}$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

d. Kondisi 4

$$\phi \cdot (V_c + V_s \text{ min}) < V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

(Perlu tulangan geser)

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

e. Kondisi 5

$$\phi \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right) < V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

(Perlu tulangan geser)

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$$

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

f. Kondisi 6

$$V_s \leq \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \text{ (Perbesar penampang)}$$

Keterangan :

V_n : Tegangan geser nominal

V_c : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

V_s : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

A_v : Luas tulangan geser

3. Perhitungan penulangan torsi

Berdasarkan *SNI 2847:2013 Pasal 11.5*. Pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u besarnya kurang dari :

Untuk komponen non – prategang

$$\leq 0,083\lambda\sqrt{f_c'}\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)$$

Harga kekuatan nominal desain T_n harus paling sedikit ekuivalen dengan T_u/ϕ berfaktor, dengan memproporsikan penampang tersebut sehingga :

Untuk penampang solid

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w.d}\right)^2 + \left(\frac{T_u\phi}{1,7A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w.d} + 0,66\sqrt{f_c'}\right)$$

Jika ketebalan dinding kurang dari A_{oh}/ϕ , suku kedua perumusan diambil sebesar $T_u/(1,7 A_{oh} t)$. Pilih sengkang tertutup torsi perlu untuk digunakan sebagai tulangan transversal sehingga :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2.A_o.f_y.v\cot\theta}$$

4. Perhitungan panjang penyaluran tulangan

Berdasarkan *SNI 2847–2013 Pasal 12.2*

- Panjang penyaluran (l_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 300 mm
- Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai l_d/l_b harus diambil sebagai berikut :

Tabel 3.15 : Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

Keadaan Bentang	Batang D – 19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D – 22 atau lebih besar
Spasi bersih batang – batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang disepanjang I_d tidak kurang dari persyaratan minimum atau spasi bersih batang – batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
Kasus – kasus lain	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,4 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Untuk batang tulangan ulir atau kawat ulir I_d harus sebesar :

$$I_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \frac{\Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \Psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

Dimana ruas pengekanan $(C_b + K_{tr}) / d_b$ tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan :

$$K_{tr} = \frac{40 A_v}{s_n}$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan atau kawat yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan $K_{tr} = 0$ sebagai penyederhanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal.

Sloof

1. Perhitungan Tulangan Lentur

- Mencari nilai momen ultimate kanan dan kiri beserta gaya tarik (N_u) dari 10% gaya aksial pada kolom kanan atau kiri

- Hitung M_n

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

- Mencari nilai ρ_t dari diagram interaksi, dengan menghitung

$$\frac{M_u}{b \cdot h^2} \text{ dan } \frac{N_u}{b \cdot h}$$

- Hitung $A_{st} = \rho_t \cdot b \cdot h$

- Cek perencanaan

$$\alpha = \frac{A_{s \text{ pasang}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$M_{n \text{ pasang}} = 0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b \cdot \left(d_{\text{pasang}} - \frac{\alpha}{2} \right) \geq M_n$$

- Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{bw - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \phi \text{ tul sengkang}) - (n \text{ tul sengkang})}{n-1}$$

$$\text{Dimana : } s \geq 25 \text{ mm}$$

2. Perhitungan Geser Sloof

Kontrol kondisi

- Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

(Tidak perlu tulangan geser)

- Kondisi 2

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c < V_u \leq \emptyset \cdot V_c$$

(Perlu tulangan geser minimum)

$$A_v \min = \frac{0,35 \cdot S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

c. Kondisi 3

$$\emptyset \cdot V_c < V_u \leq \emptyset \cdot (V_c + V_s \min)$$

(Perlu tulangan geser minimum)

$$A_v \min = \frac{0,35 \cdot S}{f_y}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

d. Kondisi 4

$$\emptyset \cdot (V_c + V_s \min) < V_u \leq \emptyset \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

(Perlu tulangan geser)

$$\emptyset V_s \text{ perlu} = V_u - \emptyset V_c$$

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

e. Kondisi 5

$$\emptyset \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d \right) < V_u \leq \emptyset \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

(Perlu tulangan geser)

$$\emptyset V_s \text{ perlu} = V_u - \emptyset V_c$$

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$S \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

f. Kondisi 6

$$V_s \leq \frac{2}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d$$

(Perbesar penampang)

Keterangan :

V_n : Tegangan geser nominal

V_c : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

V_s : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

3. Perhitungan Panjang Penyaluran

Berdasarkan SNI 2847–2013 Pasal 12.2

- Panjang penyaluran (I_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai I_d tidak boleh kurang dari 300 mm
- Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai I_d/I_b harus diambil sebagai berikut :

Tabel 3.16 : Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang D – 19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D – 22 atau lebih besar
Spasi bersih batang – batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , dan seengkang atau seengkang ikat yang dipasang disepanjang I_d tidak kurang dari persyaratan minimum atau spasi bersih batang – batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Kasus – kasus lain	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,4 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
--------------------	--	--

Untuk batang tulangan ulir atau kawat ulir I_d harus sebesar :

$$I_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \frac{\Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \Psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

Dimana ruas pengekanan $(C_b + K_{tr}) / d_b$ tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan :

$$K_{tr} = \frac{40 A_v}{s_n}$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan atau kawat yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan $K_{tr} = 0$ sebagai penyederhanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal.

Kolom

- Kolom harus ditulangi secara spiral sesuai dengan 7.10.4 atau harus memenuhi 21.3.5.2 hingga 21.3.5.4 subpasal 21.3.5.5 berlaku untuk semua kolom, dan 21.3.5.6 berlaku untuk semua kolom yang menumpu komponen struktur kaku tak menerus. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.5.1)
- Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan spasi s_0 sepanjang panjang l_0 diukur dari muka joint. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.5.2)
- Sengkang tertutup pertama ditempatkan tidak lebih dari $s_0/2$ dari muka joint. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.5.3)

- Diluar panjang l_0 , spasi tulangan transversal harus memenuhi 7.10 dan 11.4.5.1. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.5.4)
- Tulangan transversal joint harus memenuhi 11.10. (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.5.5)
- Kolom yang menumpu reaksi dari komponen struktur kaku tak menerus, seperti dinding, harus disediakan dengan tulangan transversal dengan spasi, s_0 . Seperti didefinisikan dalam 21.3.5.2 sepanjang tinggi penuh dibawah tingkat-dimana diskontinuitas terjadi jika bagian gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur ini terkait dengan pengaruh gempa yang melebihi $(A_g f_c' / 10)$ (SNI 2847-2013, Pasal 21.3.5.6).

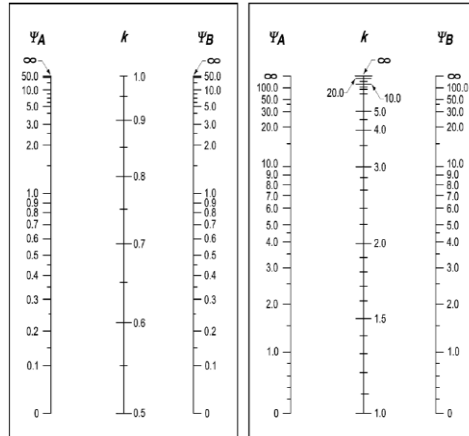
Perhitungan Penulangan Kolom :

- Syarat Gaya Aksial Pada Kolom
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.2 Gaya tekan aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh melebihi $A_g \cdot f_c' / 10$ dan Bila P_u lebih besar maka perhitungan harus mengikuti 21.3.5 (Ketentuan Kolom untuk SRPMM)
- Faktor kekakuan kolom (E_i)
Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 10.10.6.1
$$E_i = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta_d}$$
- Faktor kekangan ujung kolom atas dan bawah (Ψ_a dan Ψ_b)
Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 10.10.7

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right) \text{kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right) \text{balok}}$$

- Hitung faktor panjang efektif (k)

Dalam penerapan dipergunakan nomogram seperti berikut



Gambar 3.7 : Faktor Panjang efektif (k)

(Sumber : SNI 2847-2013, Gambar S10.10.1.1)

e) Kontrol kelangsingan

1. Untuk komponen struktur tekan yang tidak dibreising terhadap goyangan menyamping:

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22$$

2. Untuk komponen struktur tekan yang dibreising terhadap goyangan menyamping :

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$$

Dimana :

$$r = 0,3 h$$

M₁ = momen terkecil ujung kolom

M₂ = momen terbesar ujung kolom

f) Beban Kritis (P_c)

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 10.10.6

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI_{\text{kolom}}}{(k \times L_u)^2}$$

g) Faktor C_m

Berdasarkan *SNI 2847-2013, Pasal 10.10.6.4*

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_1}{M_2}$$

h) Pembesaran Momen

- Pembesaran momen tidak bergoyang

Berdasarkan *SNI 2847-2013, Pasal 10.10.6* Komponen struktur tekan harus didesain untuk gaya aksial terfaktor P_u dan momen terfaktor yang diperbesar untuk pengaruh kurvatur komponen struktur M_c dimana:

$$M_c = \delta_{ns} \cdot M_2$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \cdot P_c}} \geq 1$$

- Pembesaran momen bergoyang

Berdasarkan *SNI 2847-2013, Pasal 10.10.7*-Momen M_1 dan M_2 di ujung komponen struktur individu harus diambil sebesar:

$$a. \quad M_1 = M_{1ns} + \delta_s \cdot M_{1s}$$

$$b. \quad M_2 = M_{2ns} + \delta_s \cdot M_{2s}$$

i) Perhitungan penulangan lentur

- Tentukan nilai β

- Nilai M_{ux} dan M_{uy} (nilai terbesar dari M_1 dan M_2)

$$- \quad \frac{P_u}{A_g} \text{ dan } \frac{\phi M_{ox}}{A_g \cdot h}$$

ρ perlu didapatkan melalui diagram interaksi

- $A_s = \rho \text{ perlu} \times b \times h$

- Kontrol kemampuan kolom

$$\left(\frac{M_{ny}}{M_u} \right)^a + \left(\frac{M_{ny}}{M_u} \right)^a \leq 1$$

$$Mn^0 \geq \frac{Mu}{\phi}$$

j) Kontrol jarak spasi tulangan satu sisi

Syarat :

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{perbesar penampang kolom}$$

$$S_{\max} = \frac{b - (2 t_{\text{selimut}}) - (2 \emptyset_{\text{geser}}) - (n \cdot \emptyset_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

k) Perhitungan penulangan geser

- Berdasarkan *SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.5*

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u}$$

Dimana :

M_{nt} = Momen nominal atas (top) kolom

M_{nb} = Momen nominal bawah (bottom) kolom

- Syarat Kuat Tekan Beton (f_c'):

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa

(*SNI 2847-2013*)

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3}$$

- Kekuatan geser pada beton :

Berdasarkan *SNI 03-2847-2013, Pasal 11.2.1.2*

$$V_c = 0,17 \left[1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right] \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$2V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

- Cek kondisi penulangan geser :

Kondisi 1 :

$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow$ (Tidak Perlu Tulangan Geser)

Kondisi 2 :

$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow$ (Tulangan Geser Minimum)

Kondisi 3 :

$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \rightarrow$ (Perlu Geser Minimum)

Kondisi 4 :

$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \rightarrow$ (Tulangan Geser)

Kondisi 5 :

$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2 \cdot V_{s_{\max}}) \rightarrow$ (Tulangan Geser)

Cek Persyaratan SPRMM Untuk Kekuatan Geser Kolom :

- 1). Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.3.5.2, Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang L_o dari muka hubungan balok-kolom S_o .
 - 2). Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 \times S_o$ dari muka hubungan balok kolom.
 - 3). Spasi sengkang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_o$
- 1) Perhitungan sambungan lewatan tulangan vertikal kolom
Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.16.1 , panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan

tekan adalah $0,071 \times f_y \times db$, untuk $f_y = 400 \text{ Mpa}$ atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

- m) Panjang penyaluran tulangan kolom
Berdasarkan *SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.3*

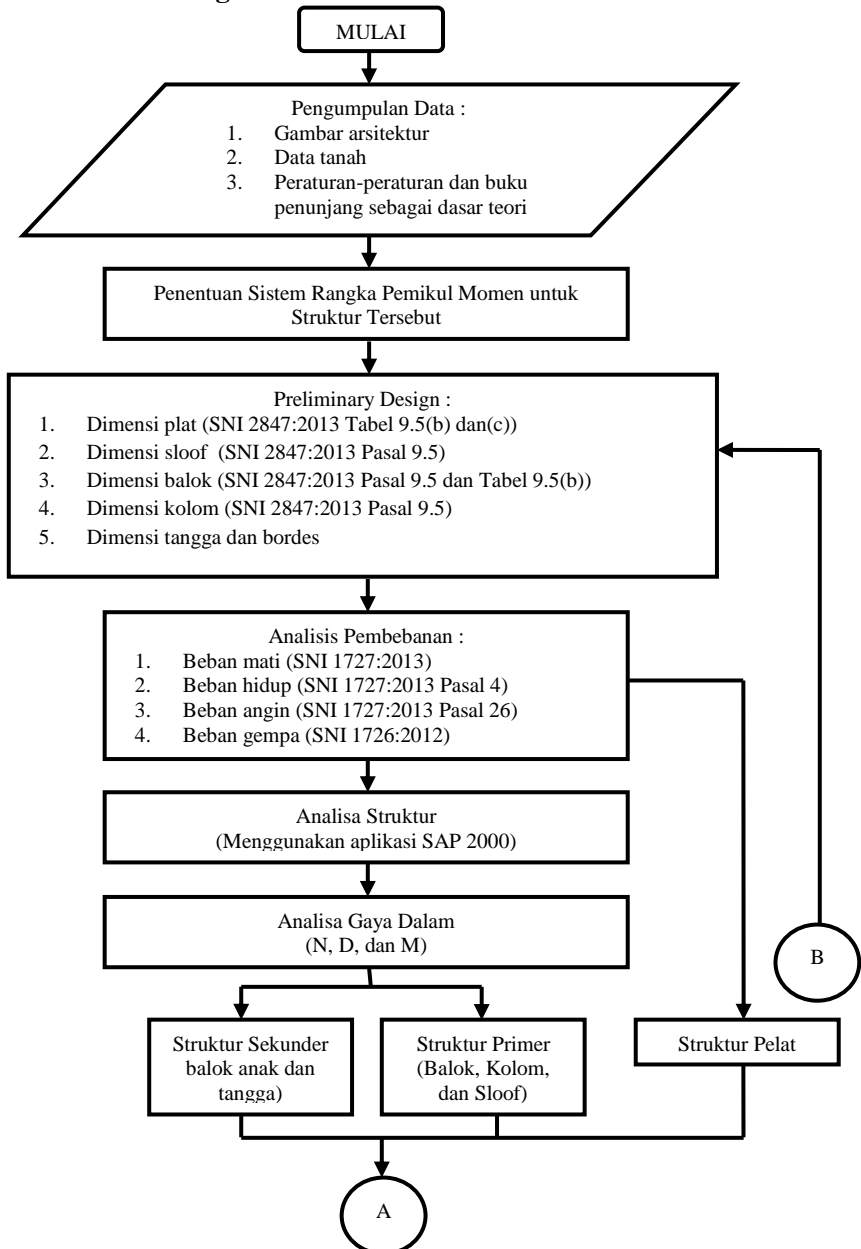
3.7 Gambar Rencana

Gambar perencanaan meliputi:

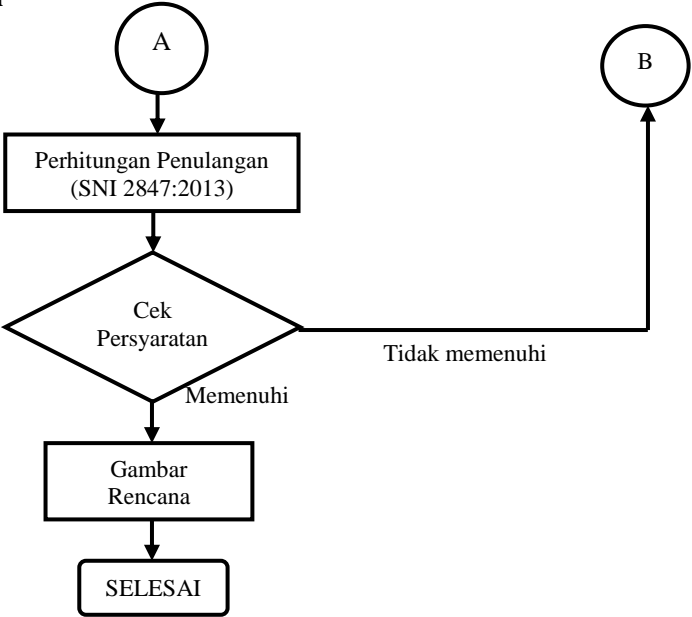
1. Gambar arsitektur, terdiri dari:
 - a. Gambar denah
 - b. Gambar tampak
2. Gambar potongan struktur, terdiri dari:
 - a. Potongan memanjang
 - b. Potongan melintang
3. Gambar penulangan, terdiri dari:
 - a. Penulangan pelat
 - b. Penulangan tangga
 - c. Penulangan balok
 - d. Penulangan kolom
 - e. Penulangan sloof
 - f. Penulangan poer dan pondasi
4. Gambar detail, terdiri dari:
 - a. Panjang penyaluran tulangan
 - b. Pondasi dan poer
5. Gambar struktur, terdiri dari:
 - a. Balok
 - b. Kolom
 - c. Sloof
 - d. Pondasi

3.8 Flow Chart Metodologi

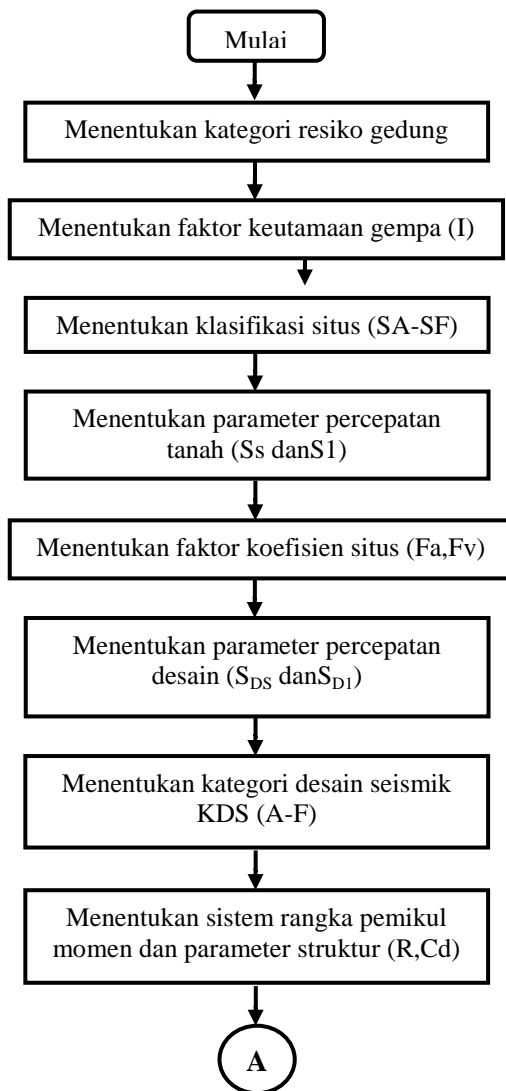
3.8.1 Metodologi Perencanaan



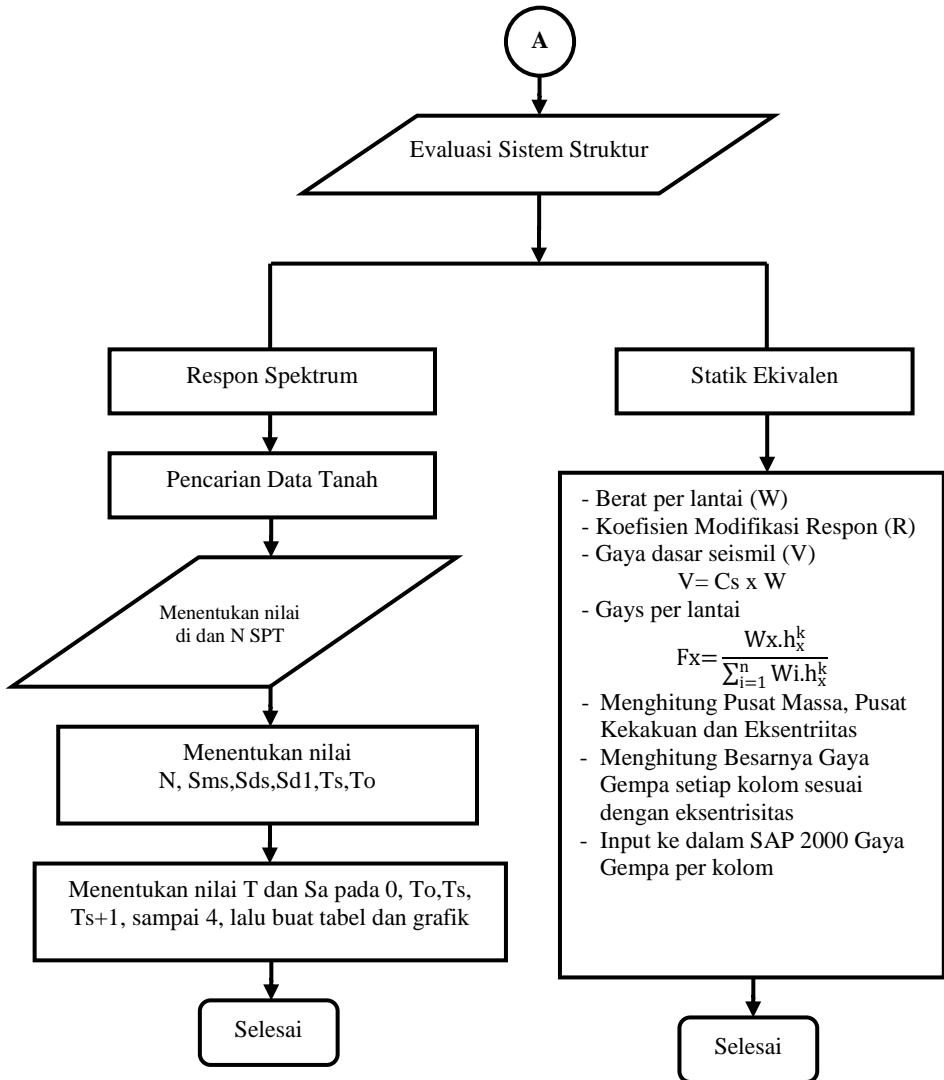
Lanjutan



3.8.2 Perencanaan Gempa

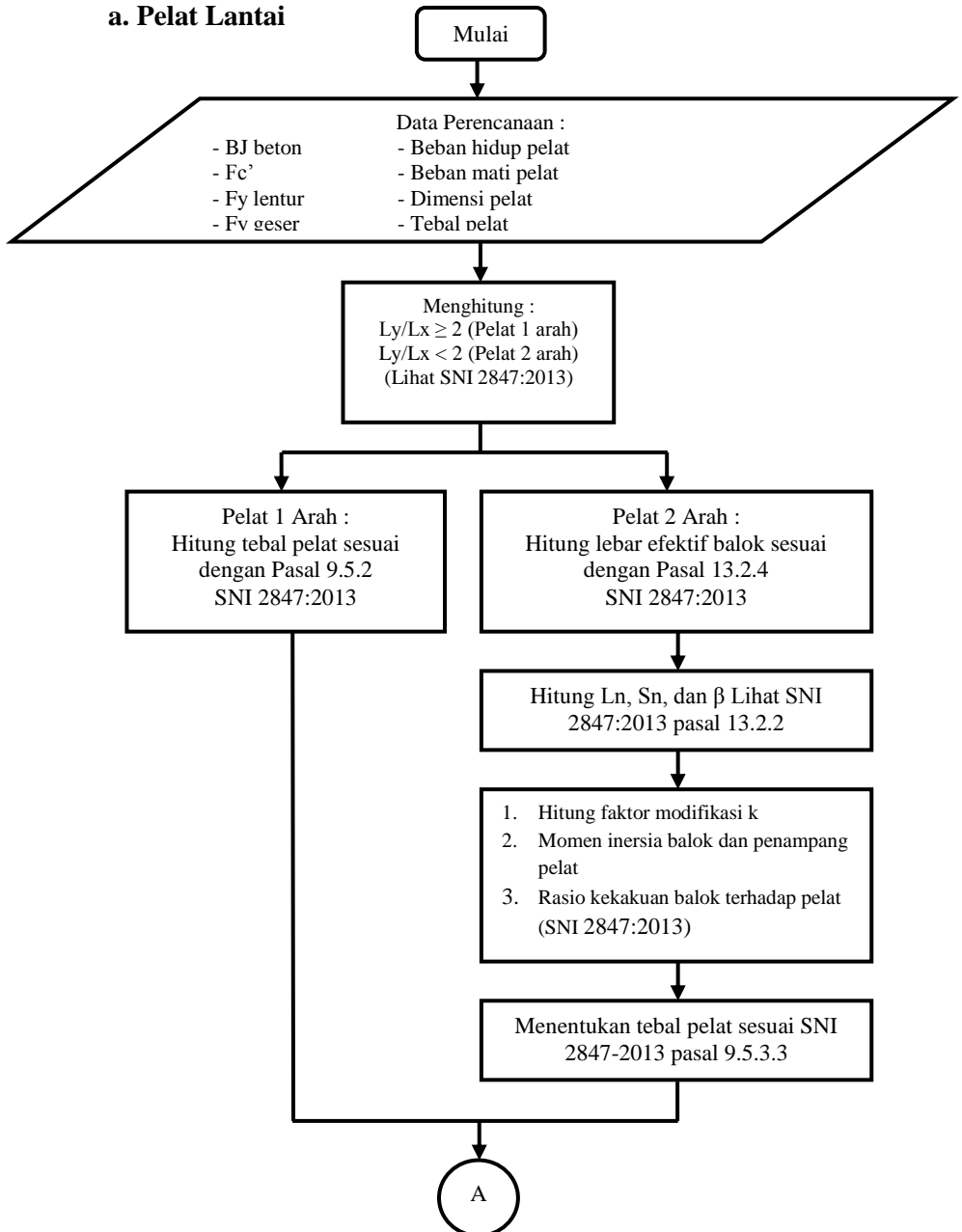


Lanjutan

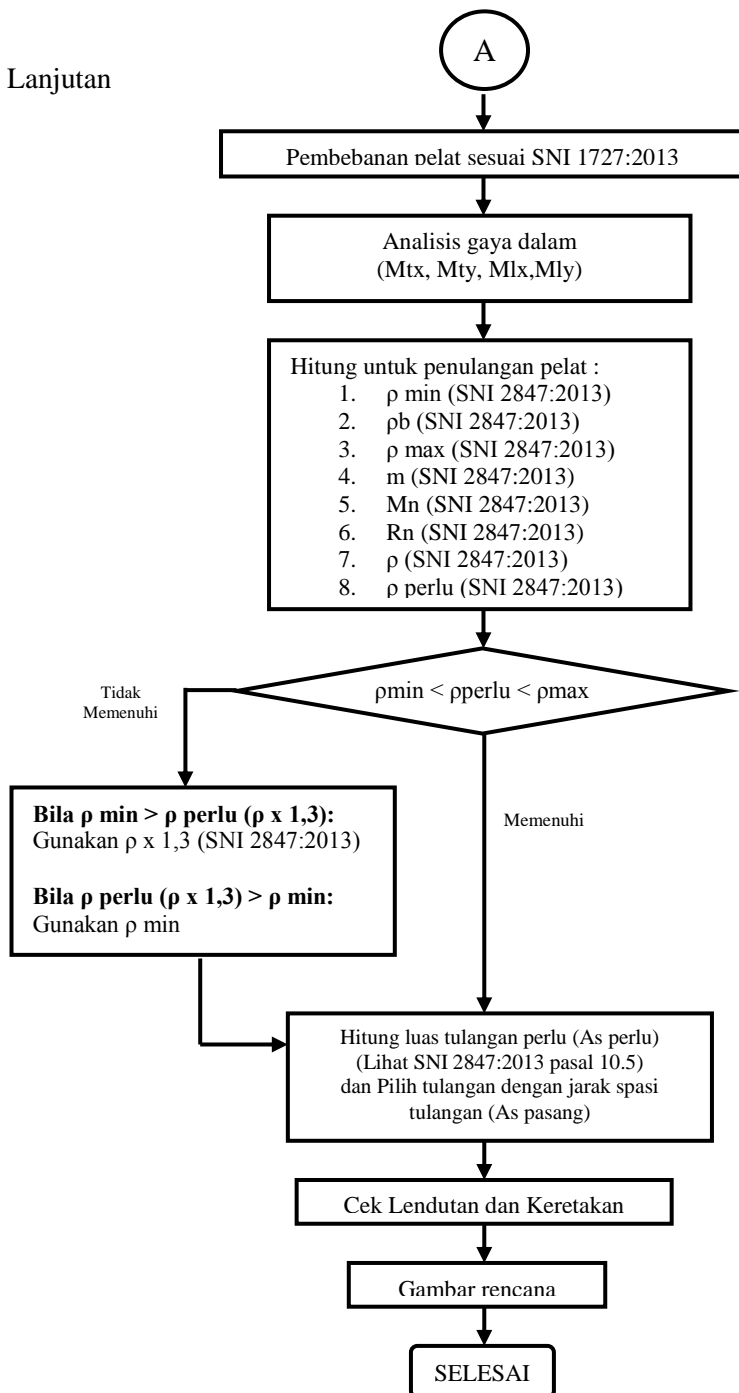


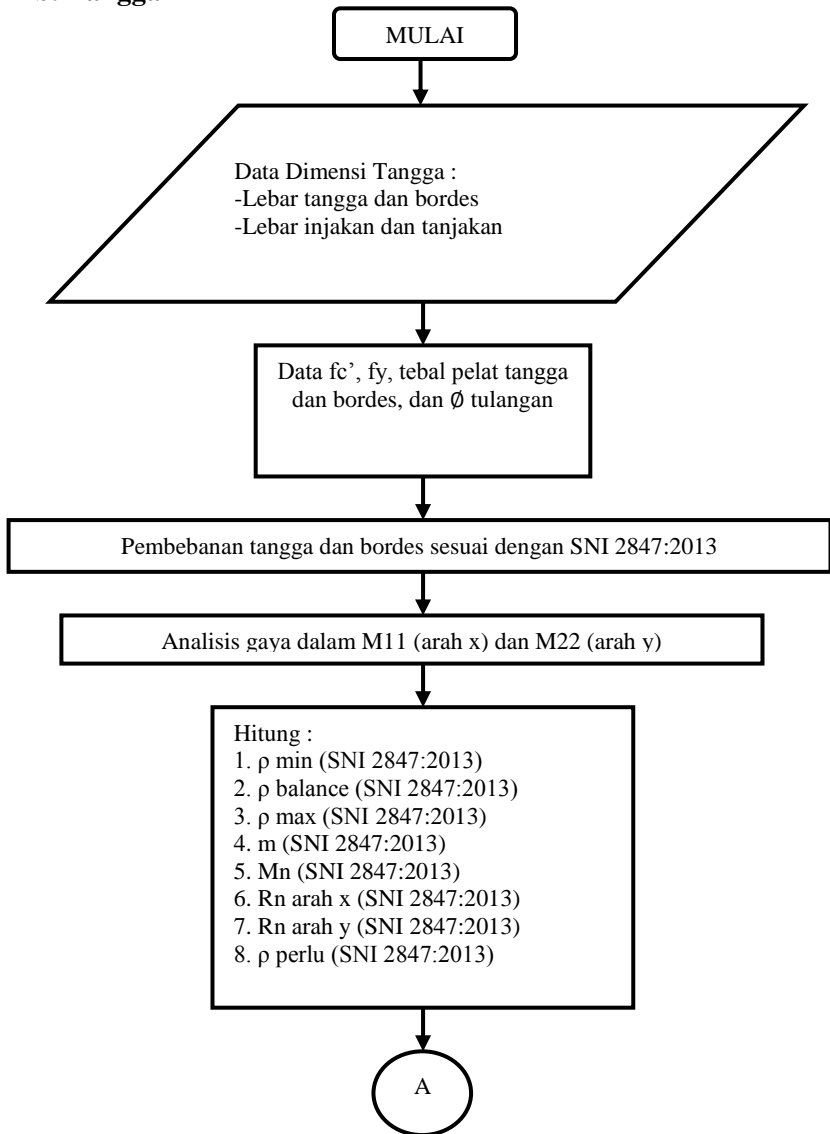
3.8.1 Struktur Sekunder

a. Pelat Lantai

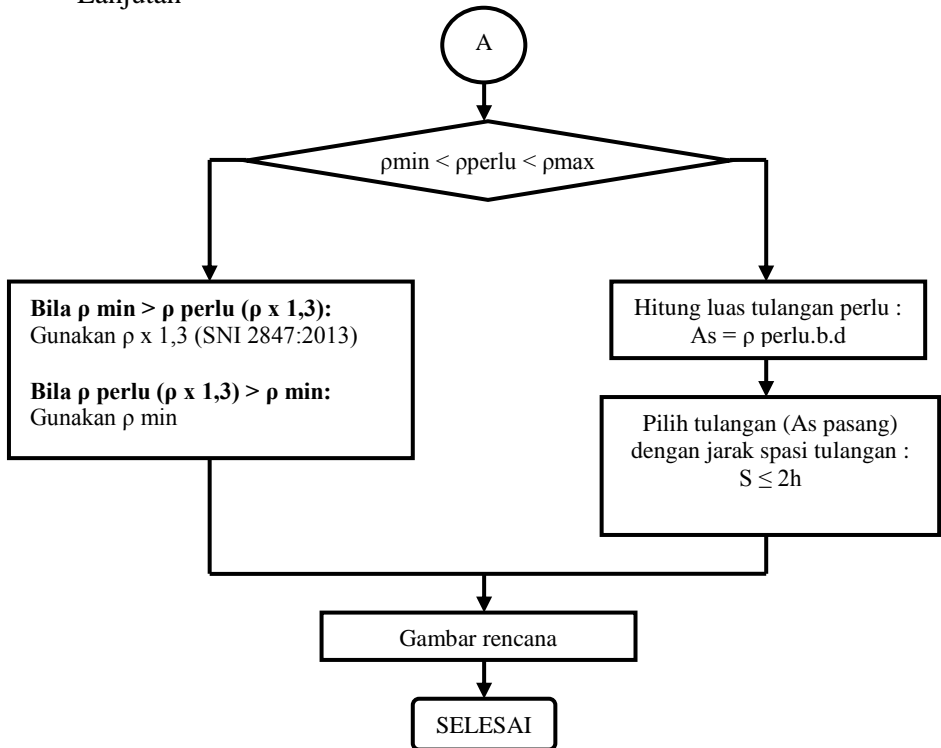


Lanjutan



b. Tangga

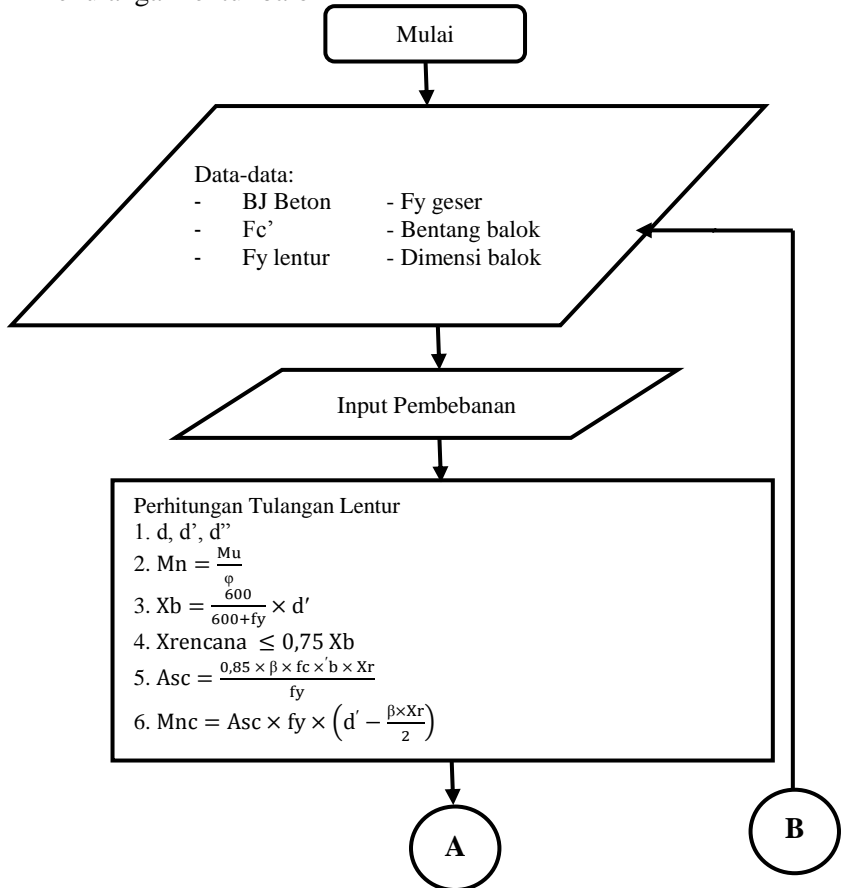
Lanjutan



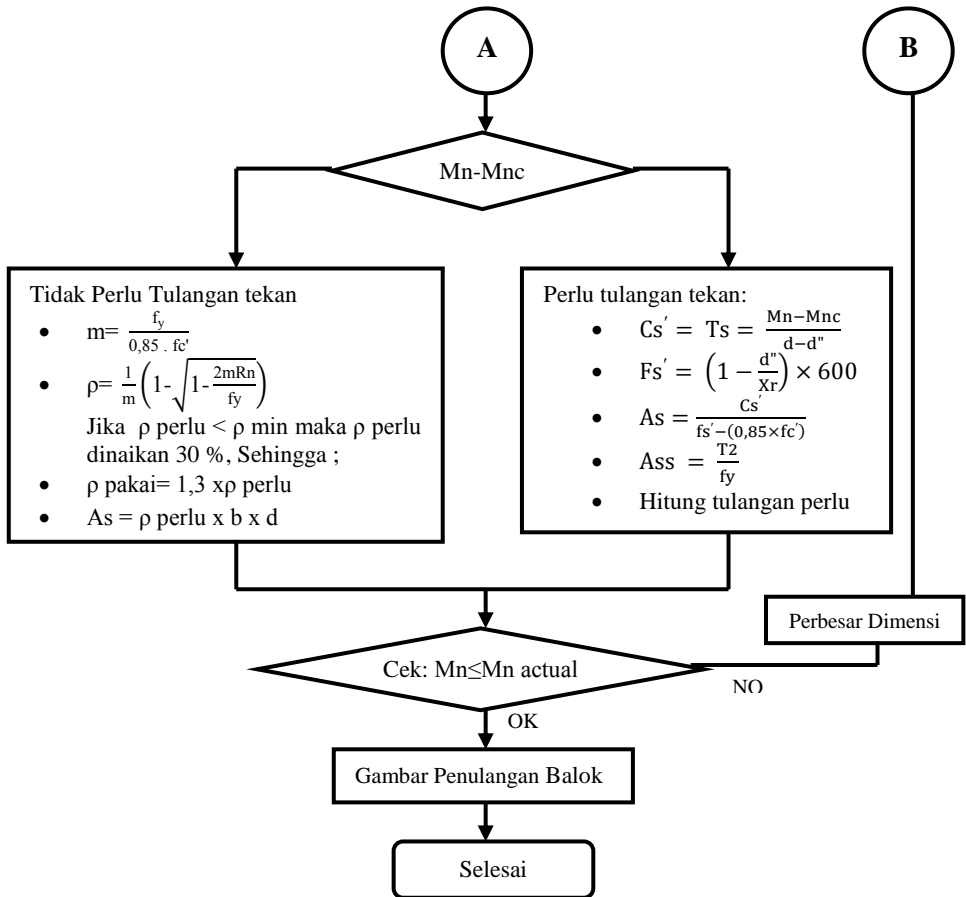
3.8.2 Struktur Primer

a. Balok

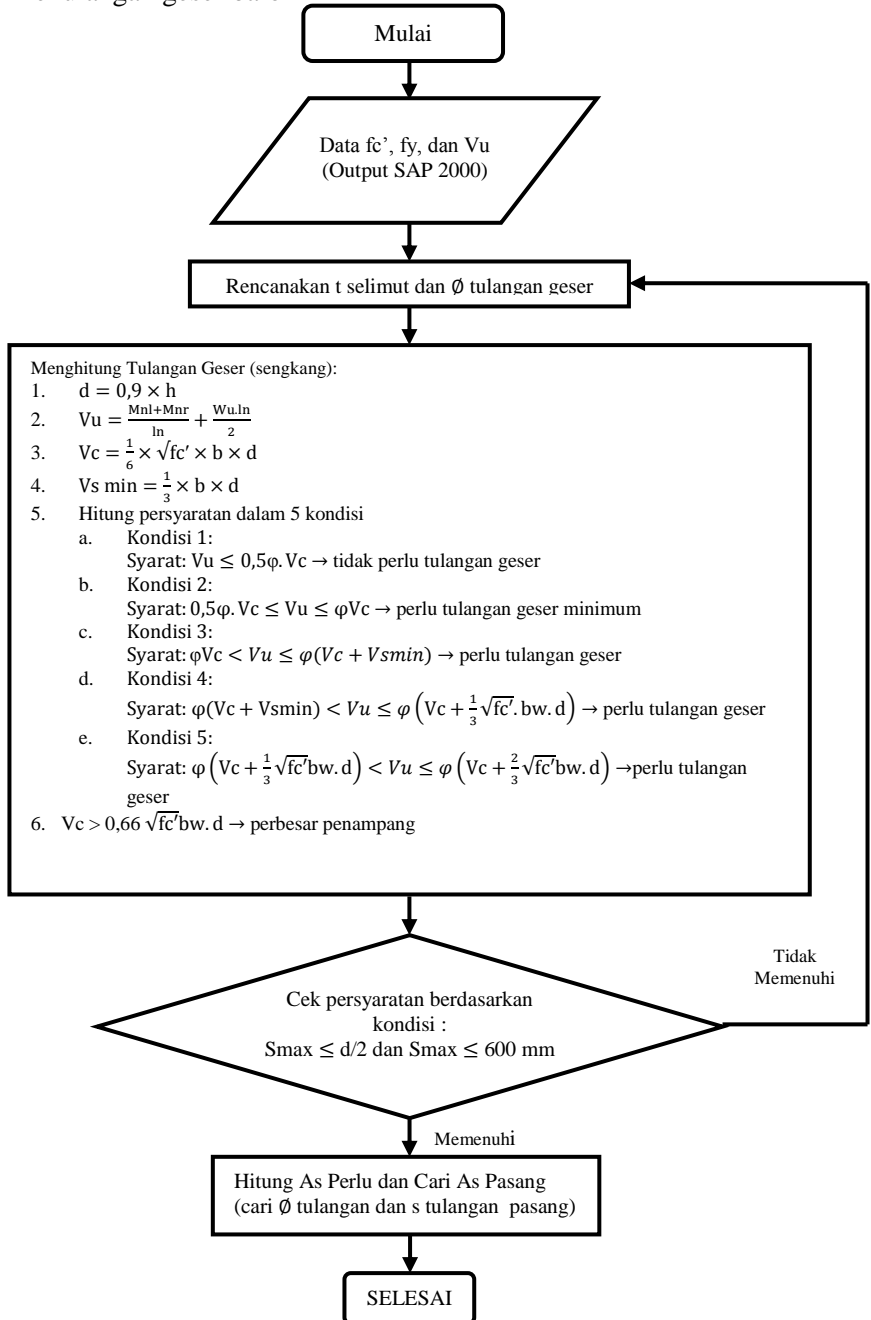
Penulangan lentur balok



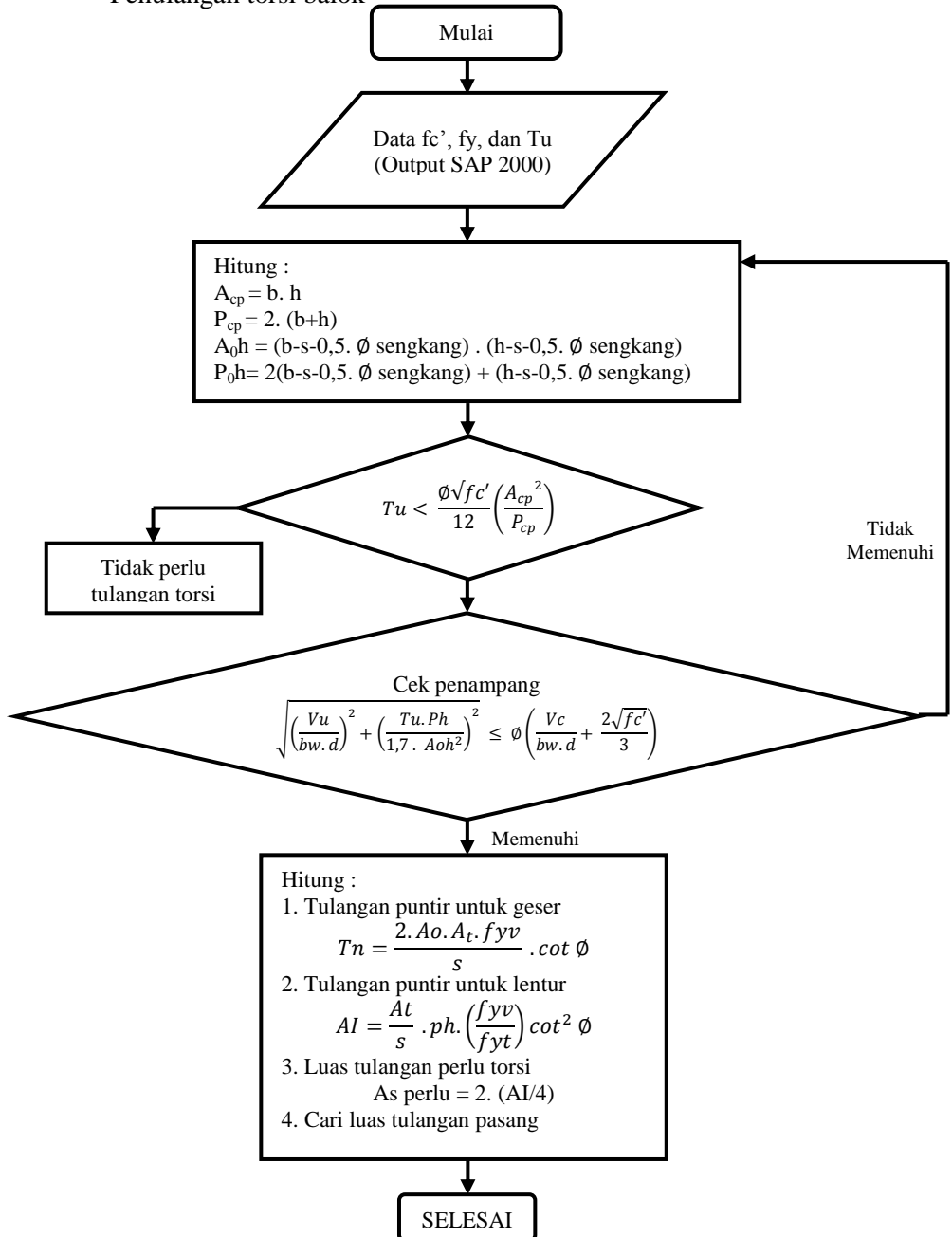
Lanjutan



Penulangan geser balok

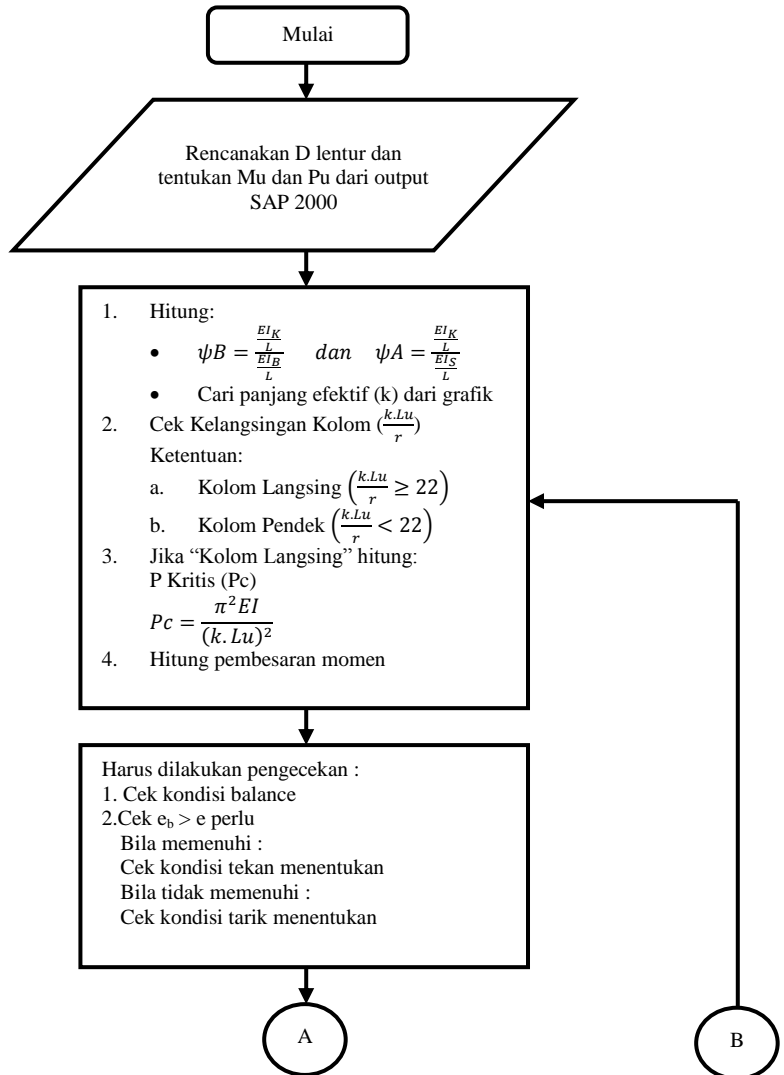


Penulangan torsi balok

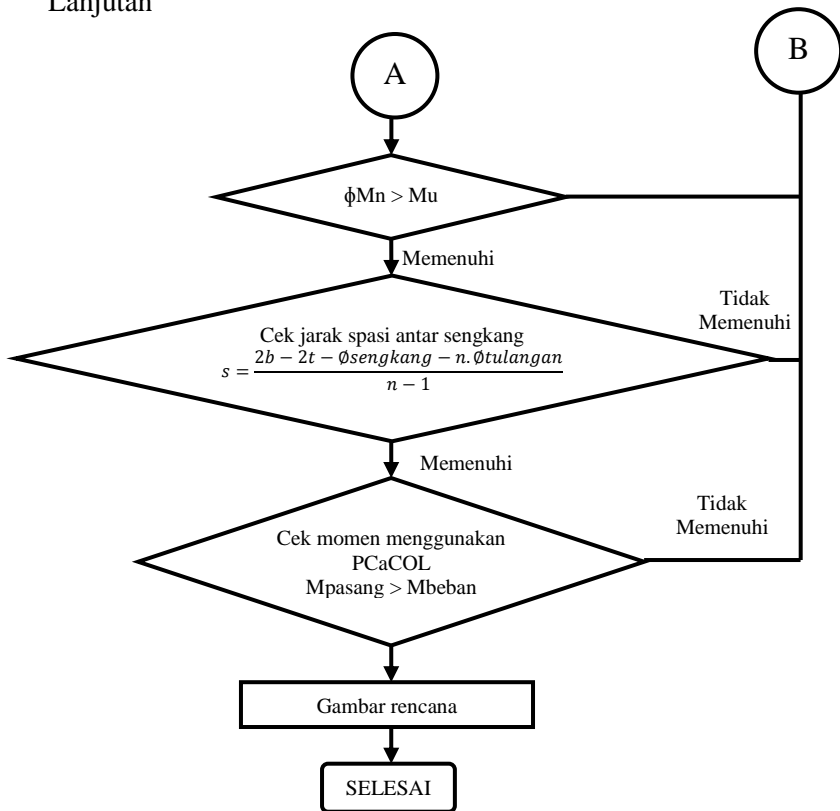


b. Kolom

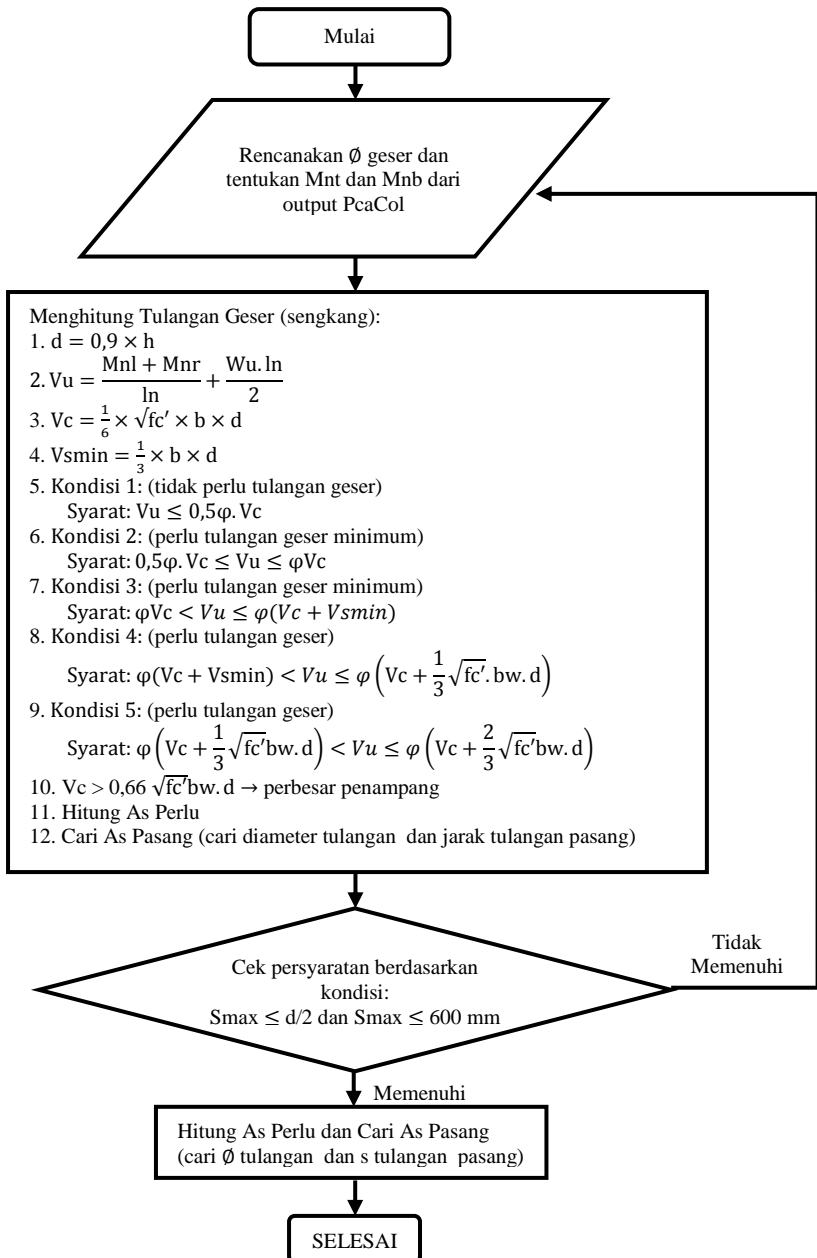
Penulangan lentur kolom



Lanjutan



Penulangan geser kolom



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Dimensi Struktur

Setelah menentukan nilai kategori desain seismik, maka perhitungan selanjutnya adalah menentukan dimensi-dimensi komponen struktur yang digunakan dalam desain ulang struktur bangunan gedung tersebut.

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

Dalam perencanaan dimensi balok terdapat data-data perencanaan, perhitungan perencanaan, dan gambar hasil perencanaan dimensi balok adalah sebagai berikut :

a. Balok Induk 1

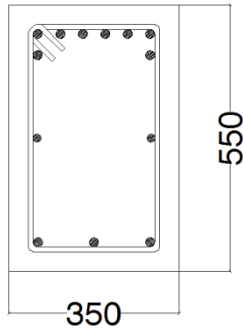
- Data perencanaan:
 - Tipe balok : B1
 - Bentang terpanjang : 600 cm
 - Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

- Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned} h &\geq \frac{1}{12} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times h \\ h &\geq \frac{1}{12} \times 600 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times 50 \\ h &\geq 48.57 \text{ cm} & b &= 33.33 \text{ cm} \\ h &\approx 50 \text{ cm} & b &\approx 35 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk (B1) dengan dimensi 35/55 sesuai dengan dimensi balok pada proyek.

- Gambar Hasil Perencanaan



Gambar 4.1 : Rencana Dimensi Balok Induk 35/55.

b. Balok Induk 2

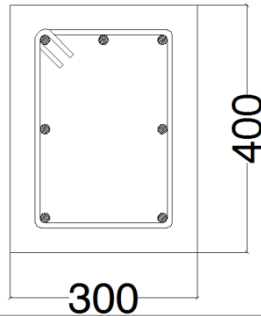
- Data perencanaan:
 - Tipe balok : B2
 - Bentang terpanjang : 600 cm
 - Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

- Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned}
 h &\geq \frac{1}{16} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times h \\
 h &\geq \frac{1}{16} \times 600 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times 40 \\
 h &\geq 36.43 \text{ cm} & b &= 26.67 \text{ cm} \\
 h &\approx 40 \text{ cm} & b &\approx 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk (B2) dengan dimensi 30/40.

- Gambar Hasil Perencanaan



Gambar 4.2 : Rencana Dimensi Balok Induk 30/40.

c. Balok Anak

- Data perencanaan:

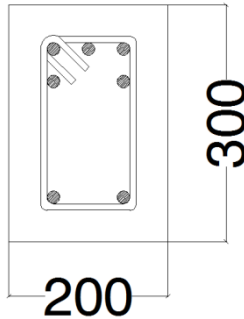
- Tipe balok : B3
- Bentang terpanjang : 600 cm
- Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

- Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned}
 h &\geq \frac{1}{21} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times h \\
 h &\geq \frac{1}{21} \times 600 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times 30 \\
 h &\geq 27.76 \text{ cm} & b &= 20 \text{ cm} \\
 h &\approx 30 \text{ cm} & b &\approx 20 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi balok anak (B3) dengan dimensi 20/30.

- Gambar Hasil Perencanaan



Gambar 4.3 : Rencana Dimensi Balok Anak 20/30.

d. Balok Kantilever

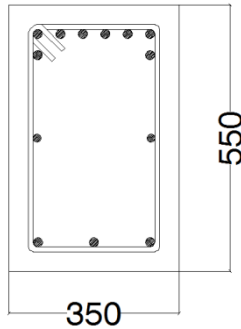
- Data perencanaan:
 - Tipe balok : B4
 - Bentang terpanjang : 600 cm
 - Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

- Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned}
 h &\geq \frac{1}{8} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times h \\
 h &\geq \frac{1}{8} \times 600 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times 15 \\
 h &\geq 12,14 \text{ cm} & b &= 10 \text{ cm} \\
 h &\approx 15 \text{ cm} & b &\approx 10 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi balok kantilever (B4) dengan dimensi 10/15. Namun digunakan dimensi 35/55 pada balok kantilever untuk perencanaan gedung pasar ini.

- Gambar Hasil Perencanaan



Gambar 4.4 : Rencana Dimensi Balok Kantilever 35/55

e. Balok Bordes

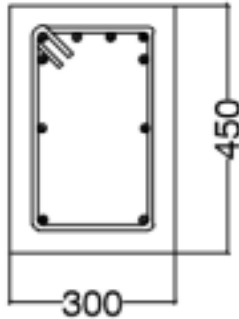
- Data perencanaan:
 - Tipe balok : B5
 - Bentang terpanjang : 600 cm
 - Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

- Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned}
 h &\geq \frac{1}{14} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times h \\
 h &\geq \frac{1}{14} \times 600 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times 45 \\
 h &\geq 41.63 \text{ cm} & b &= 30 \text{ cm} \\
 h &\approx 45 \text{ cm} & b &\approx 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi balok bordes (B5) dengan dimensi 30/45.

- Gambar Hasil Perencanaan



Gambar 4.5 : Rencana Dimensi Balok Bordes 30/45.

f. Balok Lift

- Data perencanaan:

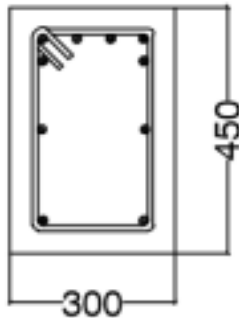
- Tipe balok : B6
- Bentang terpanjang : 600 cm
- Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

- Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned}
 h &\geq \frac{1}{14} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times h \\
 h &\geq \frac{1}{14} \times 600 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times 45 \\
 h &\geq 41.63 \text{ cm} & b &= 30 \text{ cm} \\
 h &\approx 45 \text{ cm} & b &\approx 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi balok lift (B6) dengan dimensi 30/45.

- Gambar Hasil Perencanaan



Gambar 4.6 : Rencana Dimensi Balok Lift 30/45.

Berikut merupakan rekapitulasi dimensi-dimensi balok :

Tabel 4.1 : Rekapitulasi Dimensi Balok

Tipe Balok	Bentang Balok	Dimensi
B1	6,0 m	35 cm x 55 cm
B2	6,0 m	30 cm x 40 cm
B3	6,0 m	20 cm x 30 cm
B4	6,0 m	35 cm x 55 cm
B5	6,0 m	30 cm x 45 cm
B6	6,0 m	30 cm x 45 cm

4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Adapun data dan perhitungan perencanaan dimensi kolom adalah sebagai berikut :

- Data perencanaan kolom
 - Tipe kolom : K1
 - Tinggi kolom (L_{kolom}) : 450 cm

- Bentang balok(L_{balok}) : 600 cm
- Dimensi balok induk
 - b_b : 35 cm
 - h_b : 55 cm
- Perhitungan Perencanaan Dimensi:

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}} \quad (\text{SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a)})$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{\text{balok}}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{450} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 35 \times 55^3}{600}$$

Direncanakan $b = h$

$$\left(\frac{600}{12}\right) \times b \times h^3 = 218367187.5$$

$$50 bh^3 = 218367187.5$$

$$50 h^4 = 218367187.5$$

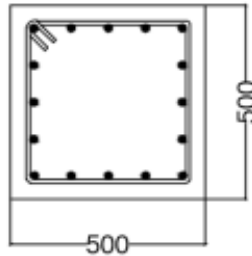
$$h^4 = 4367343.75$$

$$h = 45.715 \text{ cm}$$

$$h \approx 50 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi kolom (K1) dengan dimensi 50/50.

- Gambar Hasil Perencanaan



Gambar 4.7 : Rencana Dimensi Kolom Utama 50/50

- Data perencanaan kolom lift
 - Tipe kolom : K2
 - Tinggi kolom (L_{kolom}) : 450 cm
 - Bentang balok (L_{balok}) : 600 cm

- Dimensi balok lift
 - b_b : 30 cm
 - h_b : 45 cm

- Perhitungan Perencanaan Dimensi:

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \quad (\text{SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a)})$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{450} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 30 \times 45^3}{600}$$

Direncanakan $b = h$

$$\left(\frac{600}{12}\right) \times b \times h^3 = 102515625$$

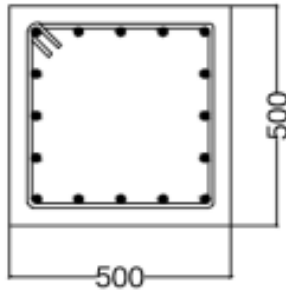
$$50 bh^3 = 102515625$$

$$50 h^4 = 102515625$$

$$\begin{aligned}
 h^4 &= 2050312.5 \\
 h &= 37.840 \text{ cm} \\
 h &\approx 40 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka, direncanakan dimensi kolom (K2) dengan dimensi 50/50.

- Gambar Hasil Perencanaan



Gambar 4.8 : Rencana Dimensi Kolom Lift 50/50

Berikut merupakan rekapitulasi dimensi-dimensi kolom :
Tabel 4.2 : Rekapitulasi Dimensi Kolom

Tipe Kolom	Tinggi Kolom	Dimensi
K1	4,0 m	50 cm x 50 cm
K2	3,0 m	50 cm x 50 cm

4.1.3 Perencanaan Dimensi Sloof

Adapun data dan perhitungan perencanaan dimensi sloof adalah sebagai berikut :

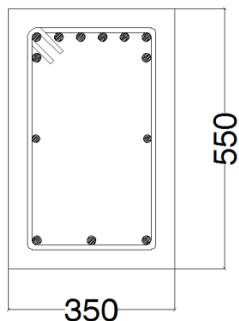
- Data perencanaan:
 - Tipe balok : S1
 - Bentang terpanjang : 600 cm
 - Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

○ Perhitungan Perencanaan

$$\begin{aligned}
 h &\geq \frac{1}{12} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times h \\
 h &\geq \frac{1}{12} \times 600 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) & b &= \frac{2}{3} \times 50 \\
 h &\geq 48.57 \text{ cm} & b &= 33.33 \text{ cm} \\
 h &\approx 50 \text{ cm} & b &\approx 35 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi sloof (S1) dengan dimensi 35/55 sesuai dengan dimensi balok pada proyek.

○ Gambar Hasil Perencanaan



Gambar 4.9 : Rencana Dimensi Sloof 35/55

Berikut merupakan rekapitulasi dimensi-dimensi sloof :

Tabel 4.3 : Rekapitulasi Dimensi Sloof

Tipe Sloof	Bentang Sloof	Dimensi
S1	6,0 m	35 cm x 55 cm

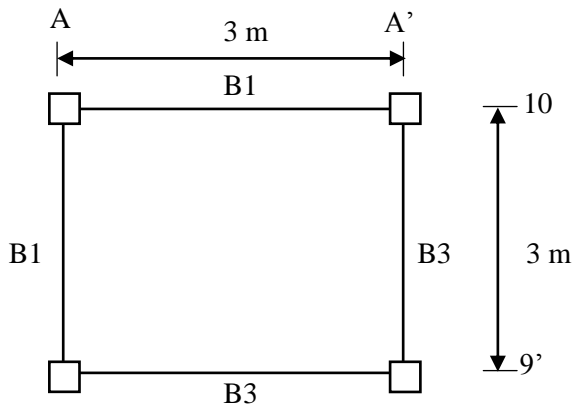
4.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat

1. Pelat Lantai

Adapun perhitungan dimensi pelat atap adalah sebagai berikut :

○ Data perencanaan:

- Tipe pelat : P1
- Rencana tebal pelat (h_f) : 12 cm
- Bentang pelat sumbu panjang (L_y) : 300 cm
- Bentang pelat sumbu pendek (L_x) : 300 cm
- Balok yang tertumpu:
 - Balok Induk : 35/55
 - Balok Anak : 20/30
- Perhitungan perencanaan dimensi:
- Sketsa perencanaan:



- $\frac{L_y}{L_x} = \frac{3\text{ m}}{3\text{ m}} = 1 < 2$ (*Two way slab*)
- Bentang bersih pelat sumbu panjang

$$L_n = l_y - \frac{b_w}{2} - \frac{b_w}{2}$$

$$L_n = 300\text{ cm} - \frac{35\text{ cm}}{2} - \frac{20\text{ cm}}{2}$$

$$L_n = 273\text{ cm}$$

- Bentang bersih pelat sumbu pendek

$$S_n = l_y - \frac{b_w}{2} - \frac{b_w}{2}$$

$$S_n = 300 \text{ cm} - \frac{35 \text{ cm}}{2} - \frac{20 \text{ cm}}{2}$$

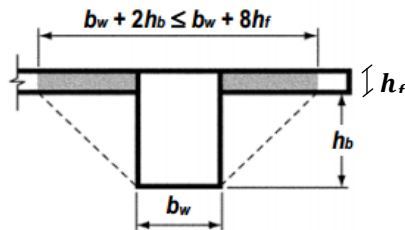
$$S_n = 273 \text{ cm}$$

- Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek,

$$\beta_n = \frac{L_n}{S_n} = \frac{273 \text{ cm}}{273 \text{ cm}} = 1 \quad (\text{two way slab})$$

- **Balok B3 As 9'-10 (20/30)**

Menentukan lebar efektif sayap balok-T



(SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 20 \text{ cm} + (2 \times (30 \text{ cm} - 12 \text{ cm}))$$

$$b_{e1} = 56 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 20 \text{ cm} + (8 \times (12 \text{ cm}))$$

$$b_{e2} = 116 \text{ cm}$$

Dipakai nilai yang terkecil, yaitu $b_{e1} = 56 \text{ cm}$

Faktor modifikasi (Desain beton bertulang Chu-Kia Wang Charles G.Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{56 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} - 1\right) \times \left(\frac{12 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}\right) + 4 \left(\frac{12 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}\right)^2 + \left(\frac{56 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} - 1\right) \times \left(\frac{12 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{56 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} - 1\right) \times \left(\frac{12 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}\right)}$$

$$k = 1,57$$

Momen inersia penampang T

$$I_b = k \times b_w \times \left(\frac{h}{t}\right)^3$$

$$I_b = 1,57 \times 20 \text{ cm} \times \left(\frac{30}{12}\right)^3$$

$$I_b = 70528,186 \text{ cm}^4$$

Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \times \left(\frac{t^3}{12}\right)$$

$$I_p = \frac{300 + 300}{2} \times \left(\frac{12^3}{12}\right)$$

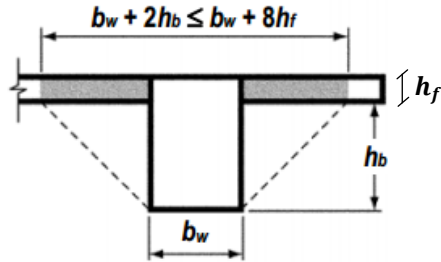
$$I_p = 43200 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{70528,19 \text{ cm}^4}{43200 \text{ cm}^4} = 1,633$$

○ **Balok B1 As 9'-10 (35/55)**

Menentukan lebar efektif sayap balok-T



(SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 35 \text{ cm} + (2 \times (55 \text{ cm} - 12 \text{ cm}))$$

$$b_{e1} = 121 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 35 \text{ cm} + (8 \times (12 \text{ cm}))$$

$$b_{e2} = 131 \text{ cm}$$

Dipakai nilai terkecil yaitu $b_{e1} = 121 \text{ cm}$

Faktor modifikasi (Desain beton bertulang Chu-Kia Wang Charles G. Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \times \left(\frac{12 \text{ cm}}{60 \text{ cm}}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12 \text{ cm}}{60 \text{ cm}}\right) + 4\left(\frac{12 \text{ cm}}{60 \text{ cm}}\right)^2 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \times \left(\frac{12 \text{ cm}}{60 \text{ cm}}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \times \left(\frac{12 \text{ cm}}{60 \text{ cm}}\right)}$$

$$k = 1,67$$

Momen inersia penampang T

$$I_b = k \times b_w \times \left(\frac{h}{t}\right)^3$$

$$I_b = 1,67 \times 35 \text{ cm} \times \left(\frac{55}{12}\right)^3$$

$$I_b = 808197,63 \text{ cm}^4$$

Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \times \left(\frac{t^3}{12}\right)$$

$$I_p = \frac{300 + 300}{2} \times \left(\frac{12^3}{12}\right)$$

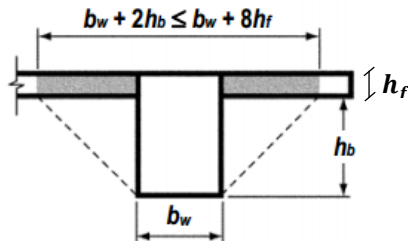
$$I_p = 43200 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{808197,63 \text{ cm}^4}{43200 \text{ cm}^4} = 18,708$$

○ **Balok B1 As A-A' (35/55)**

Menentukan lebar efektif sayap balok-T



(SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 35 \text{ cm} + (2 \times (55 \text{ cm} - 12 \text{ cm}))$$

$$b_{e1} = 121 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 35 \text{ cm} + (8 \times (12 \text{ cm}))$$

$$b_{e2} = 131 \text{ cm}$$

Dipakai nilai terkecil yaitu $b_{e1} = 121 \text{ cm}$

Faktor modifikasi (Desain beton bertulang Chu-Kia Wang Charles G.Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \times \left(\frac{12 \text{ cm}}{60 \text{ cm}}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12 \text{ cm}}{60 \text{ cm}}\right) + 4\left(\frac{12 \text{ cm}}{60 \text{ cm}}\right)^2 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \times \left(\frac{12 \text{ cm}}{60 \text{ cm}}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} - 1\right) \times \left(\frac{12 \text{ cm}}{60 \text{ cm}}\right)}$$

$$k = 1,67$$

Momen inersia penampang T

$$I_b = k \times b_w \times \left(\frac{h}{t}\right)^3$$

$$I_b = 1,67 \times 35 \text{ cm} \times \left(\frac{55}{12}\right)^3$$

$$I_b = 808197,63 \text{ cm}^4$$

Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \times \left(\frac{t^3}{12}\right)$$

$$I_p = \frac{300 + 300}{2} \times \left(\frac{12^3}{12}\right)$$

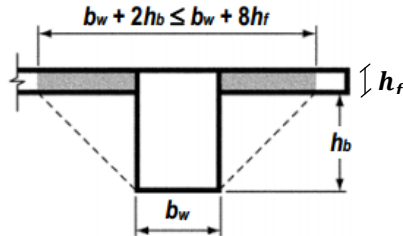
$$I_p = 43200 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{808197,63 \text{ cm}^4}{43200 \text{ cm}^4} = 18,708$$

○ **Balok B3 As A-A' (20/30)**

Menentukan lebar efektif sayap balok-T



(SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h - h_f)$$

$$b_{e1} = 20 \text{ cm} + (2 \times (30 \text{ cm} - 12 \text{ cm}))$$

$$b_{e1} = 56 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 8h_f$$

$$b_{e2} = 20 \text{ cm} + (8 \times (12 \text{ cm}))$$

$$b_{e2} = 116 \text{ cm}$$

Dipakai nilai yang terkecil, yaitu $b_{e1} = 56 \text{ cm}$

Faktor modifikasi (Desain beton bertulang Chu-Kia

Wang Charles G. Salmon 16.4.2.b)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{56 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} - 1\right) \times \left(\frac{12 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}\right) + 4 \left(\frac{12 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}\right)^2 + \left(\frac{56 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} - 1\right) \times \left(\frac{12 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{56 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} - 1\right) \times \left(\frac{12 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}\right)}$$

$$k = 1,57$$

Momen inersia penampang T

$$I_b = k \times b_w \times \left(\frac{h}{t}\right)^3$$

$$I_b = 1,57 \times 20 \text{ cm} \times \left(\frac{30}{12}\right)^3$$

$$I_b = 70528,186 \text{ cm}^4$$

Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \times \left(\frac{t^3}{12}\right)$$

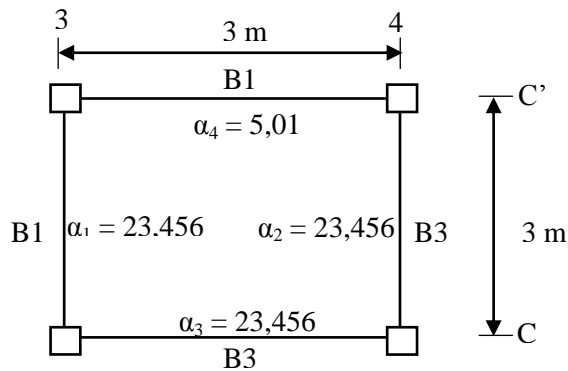
$$I_p = \frac{300 + 300}{2} \times \left(\frac{12^3}{12}\right)$$

$$I_p = 43200 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{70528,19 \text{ cm}^4}{43200 \text{ cm}^4} = 1,633$$

- Dari keempat balok diatas didapatkan rata-rata



$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{1,633 + 18,708 + 18,708 + 1,633}{4} = 10,170 > 2$$

Untuk $\alpha_m > 2$, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = l_n \times \left(\frac{0,8 + \frac{f_y}{1400}}{36 + 9\beta_n} \right)$$

$$h = 2730 \text{ mm} \times \left(\frac{0,8 + \frac{240}{1400}}{36 + 9(1)} \right)$$

$$h = 58,93 \text{ mm} \geq 90 \text{ mm} \text{ (*Tidak Memenuhi*)}$$

Karena kontrol tebal pelat $< 90 \text{ mm}$, maka diambil nilai minimal yaitu 90 mm . Tetapi pelat yang direncanakan yaitu sebesar 120 mm . Maka digunakan tebal pelat sebesar 120 mm (atau 12 cm).

Untuk pelat atap dengan bentang lain digunakan cara perhitungan yang sama diperoleh hasil sebagai berikut pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 : Rekapitulasi Dimensi Pelat

Tipe Pelat	Bentang Pelat	Tebal (h)
P1	3,0 m x 3,0 m	12 cm
P2	2,5 m x 3,0 m	12 cm
P3	1,5 m x 3,0 m	12 cm
P4	0,85 m x 3,0 m	12 cm
P5	1,0 m x 6,0 m	12 cm

P6	1,4 m x 3,0 m	12 cm
P7	1,6 m x 3,0 m	12 cm
P8	1,4 m x 4,3 m	12 cm
P9	2,15 m x 3,0 m	12 cm

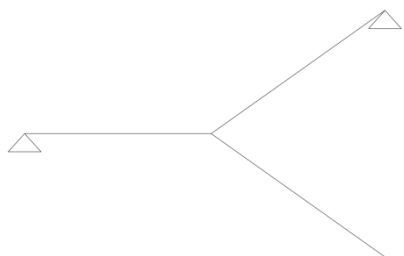
4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga

13. Dimensi Tangga Kecil

Permodelan pada struktur tangga menggunakan aplikasi SAP 2000. Data-data yang dimasukkan pada program tersebut yaitu :

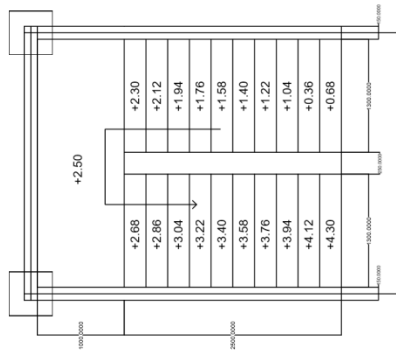
- Perletakan : jepit-sendi-sendi
- Pembebanan : beban mati (DL) dan beban hidup (LL)
- Kombinasi beban : $1,2DL + 1,6LL$
- Distribusi beban : *Uniform Shell Load*

Dalam perencanaan tangga terdapat 2 macam tipe tangga yaitu tangga kecil dan tangga utama. Berikut adalah data serta perhitungan perencanaan tangga :



Gambar 4.10 : Mekanika Perencanaan Tangga

TANGGA KECIL



Gambar 4.11 : Denah Tangga Kecil

- Data Perencanaan
 - Tipe tangga : Tangga Kecil
 - Panjang datar tangga (L) : 350 cm (as ke as)
 - Panjang pelat bordes (P) : 100 cm (dari as)
 - Tinggi tangga : 400 cm
 - Tinggi pelat bordes (T) : 200 cm
 - Tebal pelat tangga : 15 cm
 - Tebal pelat bordes : 15 cm
 - Lebar injakan (i) : 25 cm
 - Tinggi injakan (t) : 18 cm
- Perhitungan Perencanaan Dimensi Tangga
 - Panjang miring tangga

$$= \sqrt{(T)^2 + (L - P)^2}$$

$$= \sqrt{(200 \text{ cm})^2 + (350 \text{ cm} - 150 \text{ cm})^2}$$

$$= 320,20 \text{ cm}$$
 - Sudut Kemiringan Tangga

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$= \arctan \frac{18 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} \times \frac{180}{\pi}$$

$$= 35,8^\circ$$

- Syarat Sudut Kemiringan:
 $25^{\circ} \leq \alpha \leq 40^{\circ}$
 $25^{\circ} \leq 35,8^{\circ} \leq 40^{\circ}$ (**Memenuhi**)
- Panjang Miring Anak Tangga

$$= \sqrt{(t)^2 + (i)^2}$$

$$= \sqrt{(18cm)^2 + (25cm)^2}$$

$$= 30,8 \text{ cm}$$
- Jumlah Tanjakan

$$n_{T1} = \frac{\text{tinggi bordes}}{\text{tinggi injakan}} = \frac{200 \text{ cm}}{18 \text{ cm}}$$

$$= 11 \text{ buah (bawah)}$$

$$n_{T2} = \frac{\text{tinggi bordes}}{\text{tinggi injakan}} = \frac{200 \text{ cm}}{18 \text{ cm}}$$

$$= 11 \text{ buah (atas)}$$
- Jumlah Injakan

$$n_{i1} = n_{t1} - 1$$

$$= 11 \text{ buah} - 1$$

$$= 10 \text{ buah}$$

$$n_{i2} = n_{t2} - 1$$

$$= 11 \text{ buah} - 1$$

$$= 10 \text{ buah}$$
- Tebal Pelat Ekuivalen Tangga

$$T_{pe} = \frac{t \times i}{\text{miring anak tangga}}$$

$$= \frac{18 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}}{30,8 \text{ cm}}$$

$$= 14,6 \text{ cm}$$

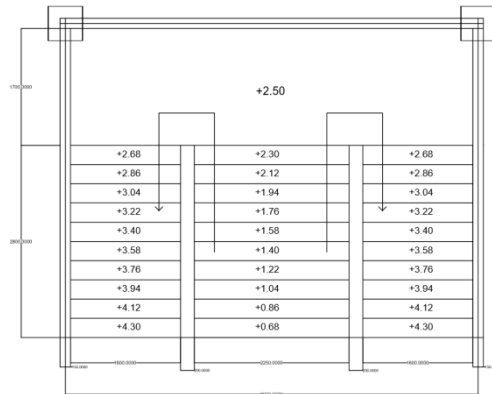
- Tebal Efektif Pelat Tangga

$$T_{ag} = T_{pe} \times \frac{2}{3} \leq p_t$$

$$T_{ag} = 14,6 \text{ cm} \times \frac{2}{3} \leq 15 \text{ cm}$$

$$T_{ag} = 9,738 \text{ cm} \leq 15 \text{ cm} \quad (\text{Memenuhi})$$

TANGGA UTAMA



Gambar 4.12 : Denah Tangga Utama

- Data Perencanaan
 - Tipe tangga : Tangga Utama
 - Panjang datar tangga (L) : 450 cm (as ke as)
 - Panjang pelat bordes (P) : 170 cm (dari as)
 - Tinggi tangga : 400 cm
 - Tinggi pelat bordes (T) : 200 cm
 - Tebal pelat tangga : 15 cm
 - Tebal pelat bordes : 15 cm
 - Lebar injakan (i) : 28 cm
 - Tinggi injakan (t) : 18 cm

○ Perhitungan Perencanaan Dimensi Tangga

○ Panjang miring tangga

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(T)^2 + (L - P)^2} \\
 &= \sqrt{(200 \text{ cm})^2 + (450 \text{ cm} - 150 \text{ cm})^2} \\
 &= 344,1 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

○ Sudut Kemiringan Tangga

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \arctan \frac{t}{i} \\
 &= \arctan \frac{18 \text{ cm}}{28 \text{ cm}} \times \frac{180}{\pi} \\
 &= 32,7^\circ
 \end{aligned}$$

○ Syarat Sudut Kemiringan:

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 32,7^\circ \leq 40^\circ \text{ (Memenuhi)}$$

○ Panjang Miring Anak Tangga

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(t)^2 + (i)^2} \\
 &= \sqrt{(18 \text{ cm})^2 + (28 \text{ cm})^2} \\
 &= 33,3 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

○ Jumlah Tanjakan

$$\begin{aligned}
 n_{T1} &= \frac{\text{tinggi bordes}}{\text{tinggi injakan}} = \frac{200 \text{ cm}}{18 \text{ cm}} \\
 &= 11 \text{ buah (bawah)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{T2} &= \frac{\text{tinggi bordes}}{\text{tinggi injakan}} = \frac{200 \text{ cm}}{18 \text{ cm}} \\
 &= 11 \text{ buah (atas)}
 \end{aligned}$$

○ Jumlah Injakan

$$\begin{aligned}
 n_{i1} &= n_{t1} - 1 \\
 &= 11 \text{ buah} - 1 \\
 &= 10 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{i2} &= n_{t2} - 1 \\
 &= 11 \text{ buah} - 1 \\
 &= 10 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Tebal Pelat Ekuivalen Tangga

$$\begin{aligned}
 T_{pe} &= \frac{t \times i}{\text{miring anak tangga}} \\
 &= \frac{18 \text{ cm} \times 28 \text{ cm}}{33,3 \text{ cm}} \\
 &= 15,1 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Tebal Efektif Pelat Tangga

$$\begin{aligned}
 T_{ag} &= T_{pe} \times \frac{2}{3} \leq pt \\
 T_{ag} &= 15,1 \text{ cm} \times \frac{2}{3} \leq 15 \text{ cm} \\
 T_{ag} &= 10,094 \text{ cm} \leq 15 \text{ cm} \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

4.2 Penentuan Metode Perhitungan Struktur

- 1) Lokasi Data Tanah Hasil Uji SPT di daerah Pasuruan

Berikut ini hasil data tanah dari daerah Pasuruan.

(Tabel Borlog terlampir)

No.	Kedalaman (m)	di (m)	Ni (blow)	di/Ni
1	0	0	0	0
2	3	3	46	0,07
3	6	3	33	0,09
4	9	3	23	0,13
5	12	3	52	0,06
6	15	3	60	0,05
7	18	3	60	0,05
8	21	3	60	0,05
9	24	3	60	0,05
10	27	3	60	0,05
11	30	3	60	0,05
	Σ	30	514	0,64

Didapatkan $\bar{N} = \frac{30}{0,64} = 46,5655$

Tabel 4.5 : Klasifikasi Situs

\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	Kelas Situs
N/A	SA (batuan keras)
N/A	SB (batuan)
>50	SC (tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak)
15 - 50	SD (tanah sedang)

Dari tabel ini dapat disimpulkan bahwa tanah di daerah Pasuruan termasuk dalam kelas situs tanah sedang (SD).

- 2) Dari Peta Gempa Indonesia 2010 untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun (periode 500 tahun) didapatkan :

$$S_s = 0,3-0,4 \text{ g, diambil nilai terkecil} = 0,3$$

$$S_1 = 0,1- 0,15 \text{ g, diambil nilai terkecil} = 0,1$$

- 3) Menentukan nilai F_a dan F_v

Menentukan koefisien situs periode pendek (F_a) dan periode 1 detik (F_v) sesuai dengan SNI 1726:2012 pada pasal 6.2.

Diperoleh nilai $F_a = 1,56$ (dari hasil interpolasi)

(Lihat Tabel 4 SNI 1726:2012 untuk kelas situs SD dan nilai S_s antara $S_s \leq 0,25$ dan $S_s = 0,5$)

S_s	F_a
0,25	1,6
0,3	y
0,5	1,4

Interpolasi nilai F_a :

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$\frac{0,3 - 0,25}{0,5 - 0,25} = \frac{y - 1,6}{1,4 - 1,6}$$

$$y (Fa) = 1,56$$

Dan diperoleh nilai $F_v = 2,40$

(Lihat Tabel 5 SNI 1726:2012 untuk kelas situs SD dan nilai $S_1 \leq 0,1$)

- 4) Menentukan nilai S_{MS} , S_{M1} , S_{DS} , dan S_{D1}

$$\begin{aligned} \bullet S_{MS} &= Fa \times S_s &= 1,56 \times 0,3 &= 0,468 \\ \bullet S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} &= \frac{2}{3} \times 0,468 &= 0,312 \\ \bullet S_{M1} &= F_v \times S_1 &= 2,40 \times 0,1 &= 0,240 \\ \bullet S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} &= \frac{2}{3} \times 0,240 &= 0,160 \end{aligned}$$

- 5) Menentukan Kategori Risiko Bangunan Gedung
Bangunan gedung pasar 4 lantai ini termasuk dalam kategori risiko II yaitu pasar.

- 6) Menentukan Kategori Desain Seismik

Karena diperoleh nilai $S_{DS} = 0,312$ dan termasuk gedung dengan kategori risiko II, maka kategori desain seismik untuk bangunan gedung pasar 4 lantai ini adalah Kategori Desain Seismik (KDS) B. Juga diperoleh nilai $S_{D1} = 0,160$ dan termasuk gedung dengan kategori risiko II, maka kategori desain seismik untuk bangunan gedung pasar 4 lantai ini adalah Kategori Desain Seismik (KDS) C.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa untuk desain ulang gedung pasar 4 lantai di Pasuruan ini menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah sesuai dengan SNI 1726:2012 Tabel 9. Hal ini dilihat dari Kategori Desain Seismik (KDS) yang diijinkan untuk metode (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah) SRPMM yaitu KDS B dan C.

4.3 Perhitungan Beban Struktur

Perhitungan beban struktur bangunan merupakan salah satu langkah yang memiliki peran penting di dalam analisa struktur. Pada struktur gedung terdapat beban-beban yang dihitung antara lain beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, beban hujan, dan beban-beban lainnya lain (*additional*).

Perhitungan beban disesuaikan dengan SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Apabila tidak terdapat informasi yang jelas pada peraturan tersebut maka nilai yang digunakan mengikuti peraturan lama yaitu PPIUG 1983.

4.3.1 Beban pada Pelat

Pembebanan komponen struktur pelat disesuaikan dengan peraturan beban yaitu SNI 1727:2013. Karena struktur pelat merupakan salah satu komponen sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati (*dead*) dan beban hidup (*live*) dengan menggunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:2013 yaitu $1,2D + 1,6L$.

Beban-beban mati pada pelat dihitung sesuai dengan perencanaan konstruksi yang dimana terdapat beberapa komponennya diambil dari brosur yang terdapat pada lampiran.

a. Pembebanan Pelat Atap

Beban Mati

- Berat sendiri pelat ($t = 12 \text{ cm}$)
 $= (0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 288 \text{ kg/m}^2$
- Aspal pertamina ($t=1 \text{ cm}$)
 $(\text{ASCE 7-02}) = 10 \text{ kg/m}^2$
- Plafond KalsiBoard Ling 6.0 ($t = 6 \text{ mm}$)
 $(\text{brosur}) = 8,53 \text{ kg/m}^2$
- Instalasi listrik (ASCE 7-02) $= 19 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 &\circ \text{ Plumbing air kotor (brosur)} &&= 4,09 \text{ kg/m}^2 \\
 &\circ \text{ Plumbing air bersih (brosur)} &&= 10,82 \text{ kg/m}^2 \\
 &\circ \text{ Penggantung plafon (ASCE 7-02)} &&= \underline{10 \text{ kg/m}^2} + \\
 &\quad q_{d\text{total}} &&= 350,44 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Hidup

$$\text{Beban hidup atap (SNI 1727:2013)} = 96 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hujan

$$\begin{aligned}
 R &= 0,0098 (ds + dh) \\
 ds &= 20 \text{ mm} \\
 dh &= 10 \text{ mm} \\
 R &= 0,0098 \times (20 + 10) \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} R \\ ds \\ dh \\ R \\ R \\ R \end{matrix}} \right\} \text{ asumsi perencanaan} \\
 R &= 0,294 \text{ kN/m}^2 \\
 R &= 29,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Ultimate Rencana

$$\begin{aligned}
 q_{\text{ultimate}} &= 1,2D + 1,6L \\
 q_{\text{ultimate}} &= (1,2 \times 350,44 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 96 \text{ kg/m}^2) \\
 q_{\text{ultimate}} &= 574,125 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Pembebanan Pelat Lantai 2, 3, dan 4

Beban Mati

$$\begin{aligned}
 &\circ \text{ Berat sendiri pelat (t = 12 cm)} \\
 &\quad = (0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3) &&= 288 \text{ kg/m}^2 \\
 &\circ \text{ Spesi FK 101 (t = 2) (brosur)} &&= 12 \text{ kg/m}^2 \\
 &\circ \text{ Arwana Keramik 40x40 (brosur)} &&= 16,50 \text{ kg/m}^2 \\
 &\circ \text{ Plafond KalsiBoard Ling 6.0 (t = 6 mm)} \\
 &\quad \text{(brosur)} &&= 8,53 \text{ kg/m}^2 \\
 &\circ \text{ Instalasi listrik (ASCE 7-02)} &&= 19 \text{ kg/m}^2 \\
 &\circ \text{ Plumbing air kotor (brosur)} &&= 4,09 \text{ kg/m}^2 \\
 &\circ \text{ Plumbing air bersih (brosur)} &&= 10,82 \text{ kg/m}^2 \\
 &\circ \text{ Penggantung plafon (ASCE 7-02)} &&= \underline{10 \text{ kg/m}^2} + \\
 &\quad q_{d\text{total}} &&= 368,94 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Hidup

Beban hidup bangunan dengan fungsi sebagai pasar
(SNI 1727:2013) $= 600 \text{ kg/m}^2$

Beban Ultimate Rencana

$$q_{\text{ultimate}} = 1,2D + 1,6L$$

$$q_{\text{ultimate}} = (1,2 \times 368,94 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 600 \text{ kg/m}^2)$$

$$q_{\text{ultimate}} = 1.403 \text{ kg/m}^2$$

c. Pembebanan Pelat Lantai Ruang Mesin Lift**Beban Mati**

- Berat sendiri pelat ($t = 15 \text{ cm}$)
 $= (0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 360 \text{ kg/m}^2$
- Spesi FK 101 ($t = 2$) (brosur) $= 12 \text{ kg/m}^2$
- Instalasi listrik (ASCE 7-02) $= 19 \text{ kg/m}^2$ +
- $q_{\text{dtotal}} = 391 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup

Beban ruang mesin lift
(SNI 1727:2013) $= 400 \text{ kg/m}^2$

Beban Ultimate Rencana

$$q_{\text{ultimate}} = 1,2D + 1,6L$$

$$q_{\text{ultimate}} = (1,2 \times 391 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 400 \text{ kg/m}^2)$$

$$q_{\text{ultimate}} = 1.109 \text{ kg/m}^2$$

d. Pembebanan Pelat Kantilever**Beban Mati**

- Berat sendiri pelat ($t = 12 \text{ cm}$)
 $= (0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 288 \text{ kg/m}^2$
- Aspal pertamina ($t=1 \text{ cm}$)
 (ASCE 7-02) $= 10 \text{ kg/m}^2$
- Instalasi listrik (ASCE 7-02) $= 19 \text{ kg/m}^2$
- Plumbing air kotor (brosur) $= 4,09 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned} \circ \text{ Plumbing air bersih (brosur)} &= 10,82 \text{ kg/m}^2 + \\ q_{d\text{total}} &= 331,91 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Hidup

$$\text{Beban hidup atap (SNI 1727:2013)} = 96 \text{ kg/m}^2$$

Beban Ultimate Rencana

$$\begin{aligned} q_{\text{ultimate}} &= 1,2D + 1,6L \\ q_{\text{ultimate}} &= (1,2 \times 331,91 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 96 \text{ kg/m}^2) \\ q_{\text{ultimate}} &= 551,90 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4.3.2 Beban pada Tangga

Pembebanan pada komponen struktur tangga juga disesuaikan dengan SNI 1727:2013. Karena struktur pelat merupakan salah satu komponen sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati (*dead*) dan beban hidup (*live*) dengan menggunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:2013 yaitu $1,2D + 1,6L$.

a. Pembebanan Pelat Tangga Utama

Beban Mati

$$\begin{aligned} \circ \text{ Berat sendiri pelat (t = 15 cm)} &= (0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 360 \text{ kg/m}^2 \\ \circ \text{ Spesi FK 101 (t = 2) (brosur)} &= 12 \text{ kg/m}^2 \\ \circ \text{ Arwana Keramik 30x30 (brosur)} &= 15 \text{ kg/m}^2 \\ \circ \text{ Berat sendiri anak tangga} &= (10,094 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 242,256 \text{ kg/m}^2 \\ \circ \text{ Railling tangga} &= 11,079 \text{ kg/m}^2 + \\ q_{d\text{total}} &= 640,335 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Hidup

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup tangga dan penggantung} \\ \text{(SNI 1727:2013)} &= 479 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Ultimate Rencana

$$q_{ultimate} = 1,2D + 1,6L$$

$$q_{ultimate} = (1,2 \times 640,335 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 479 \text{ kg/m}^2)$$

$$q_{ultimate} = 1.535 \text{ kg/m}^2$$

b. Pembebanan Pelat Tangga Kecil**Beban Mati**

- Berat sendiri pelat ($t = 15 \text{ cm}$)
 $= (0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 360 \text{ kg/m}^2$
- Spesi FK 101 ($t = 2$) (brosur) $= 12 \text{ kg/m}^2$
- Arwana Keramik 30x30 (brosur) $= 15 \text{ kg/m}^2$
- Berat sendiri anak tangga
 $= (9,738 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 233,712 \text{ kg/m}^2$
- Railling tangga $= 11,079 \text{ kg/m}^2 +$
- $q_{dtotal} = 631,791 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup

Beban hidup tangga dan penggantung
 (SNI 1727:2013) $= 479 \text{ kg/m}^2$

Beban Ultimate Rencana

$$q_{ultimate} = 1,2D + 1,6L$$

$$q_{ultimate} = (1,2 \times 631,791 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 479 \text{ kg/m}^2)$$

$$q_{ultimate} = 1.525 \text{ kg/m}^2$$

c. Pembebanan Pelat Bordes**Beban Mati**

- Berat sendiri pelat ($t = 15 \text{ cm}$)
 $= (0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 360 \text{ kg/m}^2$
- Spesi FK 101 ($t = 2$) (brosur) $= 12 \text{ kg/m}^2$
- Arwana Keramik 30x30 (brosur) $= 15 \text{ kg/m}^2 +$
- $q_{dtotal} = 387 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup

Beban hidup bordes

(SNI 1727:2013)

$$= 479 \text{ kg/m}^2$$

Beban Ultimate Rencana

$$q_{\text{ultimate}} = 1,2D + 1,6L$$

$$q_{\text{ultimate}} = (1,2 \times 387 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 479 \text{ kg/m}^2)$$

$$q_{\text{ultimate}} = 1.231 \text{ kg/m}^2$$

4.3.3 Beban pada Dinding Bata Ringan

Komponen struktur dinding didistribusikan pada komponen yang berada diatas sisi komponen balok. Pendistribusian beban komponen struktur dinding ke komponen balok merupakan distribusi beban tetap (beban mati). Karena beban pada komponen dinding merupakan luasan, sedangkan pada komponen balok merupakan beban merata, sehingga beban harus dikonversikan ke beban balok. Sesuai dengan perencanaan konstruksi komponen-komponen pada dinding adalah sebagai berikut :

a. Komponen Dinding (semua di ambil dari brosur)

○ Dinding bata ringan

$$= (550 \text{ kg/m}^2 \times 0,125 \text{ m}) = 68,75 \text{ kg/m}^2$$

○ Plesteran D200 (t = 10 mm)

$$= (40 \text{ kg} \times 2,50 \text{ m}^2) = 16 \text{ kg/m}^2$$

○ Acian NP S450 (t = 2 mm)

$$= (30 \text{ kg} \times 12 \text{ m}^2) = 2,50 \text{ kg/m}^2 +$$

$$q_d \text{ total} = 87,25 \text{ kg/m}^2$$

b. Tinggi dinding tiap lantai :

- Lantai 1 (H1) = 4,5 m
- Lantai 2 (H2) = 4 m
- Lantai 3 (H3) = 4 m

- Lantai 4 (H4) = 4 m
- Lantai ruang lift (Hlift) = 3 m

c. Perhitungan :

- Beban merata lantai 1
= H1 x beban dinding
= 4,5 m x 87,25 kg/m²
= 392,625 kg/m
- Beban merata lantai 2
= H2 x beban dinding
= 4 m x 87,25 kg/m²
= 349 kg/m
- Beban merata lantai 3
= H3 x beban dinding
= 4 m x 87,25 kg/m²
= 349 kg/m
- Beban merata lantai 4
= H4 x beban dinding
= 4 m x 87,25 kg/m²
= 349 kg/m
- Beban merata lantai ruang lift
= Hlift x beban dinding
= 3 m x 87,25 kg/m²
= 261,750 kg/m

4.3.4 Beban pada Dinding Partisi

a. Komponen Dinding Partisi Kalsi part 8

o Dinding partisi (t = 8 mm)

Ukuran = 1200 mm x 2400 mm

Berat = 33,60 kg

Berat per m² = $\frac{33,60 \text{ kg}}{\frac{1200 \text{ mm} \times 2400 \text{ mm}}{33,60 \text{ kg}}}$
= $\frac{33,60 \text{ kg}}{2,88 \text{ m}^2}$
= 11,67 kg/m²

b. Perhitungan :

- Beban dinding partisi lantai 1
 $= H1 \times \text{beban dinding}$
 $= 3,5 \text{ m} \times 11,67 \text{ kg/m}^2$
 $= 40,83 \text{ kg/m}$
- Beban merata lantai 2
 $= H2 \times \text{beban dinding}$
 $= 3 \text{ m} \times 11,67 \text{ kg/m}^2$
 $= 35 \text{ kg/m}$
- Beban merata lantai 3
 $= H3 \times \text{beban dinding}$
 $= 3 \text{ m} \times 11,67 \text{ kg/m}^2$
 $= 35 \text{ kg/m}$
- Beban merata lantai 4
 $= H4 \times \text{beban dinding}$
 $= 3 \text{ m} \times 11,67 \text{ kg/m}^2$
 $= 35 \text{ kg/m}$

4.3.5 Beban Angin

Pendistribusian beban pada kolom terbagi menjadi dua beban yaitu beban angin dan beban gempa. Beban angin dan gempa dihitung sesuai dengan lokasi gedung tersebut didirikan. Untuk gedung pasar ini, menggunakan data hasil uji SPT di daerah Pasuruan. Adapun perhitungan beban angin pada gedung pasar 4 lantai ini adalah sebagai berikut :

1. Data Perencanaan.

Fungsi Bangunan	: Pasar	
Tinggi Bangunan	: 19,5 m	
Panjang Bangunan (L)	: 48 m	
Lebar Bangunan (B)	: 42 m	
Tinggi Lantai	: Lantai 1	: 4,5 m
	Lantai 2-4	: 4 m
	Lantai ruang mesin lift	: 3 m

2. Kategori Resiko Bangunan Gedung pada gedung pasar 4 lantai ini termasuk kategori II, sehingga nilai koefisien beban angin (I_w) = 1 (Tabel 1.5-1 SNI 1727:2013)
3. Kecepatan angin dasar, dari tabel di situs BMKG Jawa Timur yang diakses pada tanggal 22 Februari 2017. (<http://meteo.bmkg.go.id/prakiraan/propinsi/17>) Dengan kecepatan angin daerah Pasuruan = 30 km/jam = 8,3 m/s dan arah angin berasal dari arah barat.

Kota Pasuruan					23–32		30
Kabupaten Pasuruan					18–29		30
Sidoarjo					25–33		30
Kota Mojokerto					24–32		30
Kabupaten Mojokerto					22–30		30
Jombang					24–30		30
Nganjuk					20–28		30
Kota Madiun					23–32		30

4. Faktor arah angin $K_d = 0,85$. Karena termasuk ke dalam tipe struktur bangunan yaitu sistem penahan beban angin utama. (SNI 1727:2013 pasal 26.6 dan Tabel 26.6-1)
5. Termasuk kategori Eksposur B. (SNI 1727:2013 pasal 26.7)
6. Faktor Topografi, $K_{zt}=1$. Dimana kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang diisyaratkan. (SNI 1727:2013 pasal 26.8).
7. Faktor efek tiupan angin, $G = 0,85$. (SNI 1727:2013 pasal 26.9)

8. Klasifikasi ketertutupan bangunan ini termasuk bangunan gedung tertutup .(SNI 1727:2013 pasal 26.10)
9. Koefisien tekanan internal untuk bangunan gedung tertutup, $G_{cpi} = +0.18$ dan -0.18 (SNI 1727:2013 pasal 26.11)
10. Koefisien eksposur tekanan velositas

Diketahui :

$z = 19,5$ m (tinggi bangunan)

$z_g = 365.76$ m (SNI 1727:2013 tabel 26.9.1)

$\alpha = 7$ (SNI 1727:2013 tabel 26.9.1)

$$K_z = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} \text{ (SNI 1727:2013 tabel 27.3-1)}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{19,5}{365,76} \right)^{\frac{2}{7}} = 0,870$$

z(m)	Eksposur B
18	0,85
19,5	Kh
21.3	0,89

(SNI 1727:2013 tabel 27.3-1)

Interpolasi nilai Kh:

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$\frac{19,5 - 18}{21,3 - 18} = \frac{y - 0.85}{0,89 - 0.85}$$

$$y (Kh) = 0,868$$

Didapatkan nilai Kh sebesar 0,868.

11. Tekanan velositas (SNI 1727:2013 pasal 27.3-1)

$$\begin{aligned}
 q_z &= 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2 \text{ (N/m}^2\text{)} \\
 &= 0,613 \cdot 0,870 \times 1 \times 0,85 \times (8,33 \text{ m/s})^2 \\
 &= 31,47 \text{ N/m}^2 = 3,147 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_h &= 0,613 K_h K_{zt} K_d V^2 \text{ (N/m}^2\text{)} \\
 &= 0,613 \cdot 0,868 \times 1 \times 0,85 \times (8,33 \text{ m/s})^2 \\
 &= 31,41 \text{ N/m}^2 = 3,141 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

12. Koefisien tekanan eksternal, C_p (SNI 1727:2013 gambar 27.4-1)

Diketahui :

L = Dimensi vertikal bangunan gedung, diukur tegak lurus terhadap arah angin = 48 m

B = Dimensi horisontal bangunan gedung, diukur sejajar terhadap arah angin = 42 m

Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	1,14	0,8	q_z
Dinding di sisi angin pergi	1,14	-0,5	q_h
Dinding tepi	1,14	-0,7	q_h

13. Tekanan angin (P) = $q \cdot G \cdot C_p$

Permukaan	C_p	Digunakan dengan	P
Dinding di sisi angin datang	0,8	$q_z = 3,15 \text{ kg/m}^2$	$2,140 \text{ kg/m}^2$
Dinding di sisi angin pergi	-0,5	$q_h = 3,14 \text{ kg/m}^2$	$-1,335 \text{ kg/m}^2$
Dinding tepi	-0,7	$q_h = 3,14 \text{ kg/m}^2$	$-1,869 \text{ kg/m}^2$

- Dinding di sisi angin datang

$$P = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$P = 3,15 \times 0,85 \times 0,8 - 0 \cdot (+0,18)$$

$$P = 2,140 \text{ kg/m}^2$$

- Dinding di sisi angin pergi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$p = 3,14 \times 0,85 \times (-0,5) - 0 \cdot (0,18)$$

$$p = -1,335 \text{ kg/m}^2$$

- Dinding tepi

$$p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$$

$$p = 3,14 \times 0,85 \times (-0,7) - 0 \cdot (+0,18)$$

$$p = -1,869 \text{ kg/m}^2$$

14. Beban Angin per Kolom

No.	As	Dimensi	Jarak Beban Angin untuk Setiap Kolom		Beban Angin Per Kolom (kg/m)	
			X	Y	X	Y
Lantai 1-4						
1	A1	50/50	1,5	3	2,804	5,607
2	A1'	50/50	3		6,421	
3	A2	50/50	4,5		9,631	
4	A3	50/50	6		12,841	
5	A4	50/50	3,425		7,330	
6	A5	50/50	1,5		3,210	
7	A6	50/50	2,15		4,602	

8	A7	50/50	1,5		3,210	
9	A8	50/50	3,425		7,330	
10	A9	50/50	6		12,841	
11	A10	50/50	4,5		9,631	
12	A10'	50/50	3		6,421	
13	A11	50/50	1,5	3	2,804	5,607
14	B1	50/50		6		8,011
15	B11	50/50		6		8,011
16	C1	50/50		6		8,011
17	C11	50/50		6		8,011
18	D1	50/50		6		8,011
19	D11	50/50		6		8,011
20	E1	50/50		6		8,011
21	E11	50/50		6		8,011
22	F1	50/50		6		8,011
23	F11	50/50		6		8,011
24	G1	50/50		6		8,011
25	G11	50/50		6		8,011
26	H1	50/50		6		8,011
27	H11	50/50		6		8,011
28	I1	50/50	3	3	5,607	5,607
29	I2	50/50	6		8,011	

30	I3	50/50	6		8,011	
31	I4	50/50	6		8,011	
32	I8	50/50	6		8,011	
33	I9	50/50	6		8,011	
34	I10	50/50	6		8,011	
35	I11	50/50	3	3	5,607	5,607
Lantai Atap						
1	A1	50/50	1,5	3	2,804	5,607
2	A1'	50/50		1,5		3,210
3	A5	50/50		1,075		2,301
4	A6	50/50		2,15		4,602
5	A7	50/50		1,075		2,301
6	A10'	50/50		1,5		3,210
7	A11	50/50	1,5	3	2,804	5,607
8	A''5	50/50	2,15		2,870	
9	A''7	50/50	2,15		2,870	
10	B1	50/50	1,5	3	2,804	5,607
11	B1'	50/50	1,5		2,804	
12	B10'	50/50	1,5		2,804	
13	B11	50/50	1,5	3	2,804	5,607

Keterangan :

Angin datang : arah angin mendekati kolom

Angin pergi : arah angin menjauhi kolom

Angin tepi : arah angin disesuaikan dengan arah angin datang dan pergi dan terletak dibagian kolom-kolom di tepi bangunan

4.3.6 Beban Gempa Statik Ekuivalen

Beban gempa dihitung dengan periode ulang 500 tahun. Perhitungan beban gempa pada gedung pasar 4 lantai ini menggunakan prosedur yang ada pada SNI 1726:2012. Berdasarkan SNI 1726:2012 suatu bangunan gedung dibedakan menjadi dua kategori antara lain :

Bangunan gedung beraturan dan tidak beraturan. Bangunan gedung Pasar ini termasuk dalam kategori bangunan gedung beraturan, hal ini dikarenakan memenuhi persyaratan yang diatur pada tabel 10 untuk dikatakan tidak masuk kategori ketidakberaturan horizontal dikarenakan luas tonjolan pada bangunan tersebut kurang dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang menentukan. Dan juga memenuhi persyaratan tabel 11 dikatakan tidak masuk kategori ketidakberaturan vertikal dikarenakan tinggi tiap lantai beraturan.

Perhitungan Statik Ekuivalen :

Berdasarkan penjelasan diatas, bangunan gedung pasar ini termasuk dalam kategori bangunan beraturan. Sehingga pada perhitungan pembebanan gempa menggunakan analisis perhitungan statik ekuivalen. Beban- Beban untuk perhitungan gempa :

Beban Gempa yang Terjadi Tiap Lantai

1. W0 (elevasi -0,55 m - -0,275m)

Setengah beban pada kolom pendek dengan ketinggian 0,275 m.

2. W1 (elevasi -0,275 m - +2,25 m)

Setengah beban pada kolom pendek dan setengah beban pada lantai 1 dengan ketinggian 2,525 m.

3. W2 (elevasi +2,25 m - +6,50 m)

Setengah beban pada lantai 1 dan setengah beban pada lantai ke 2 dengan ketinggian 4,25 m.

4. W3 (elevasi +6,50 m - +10,50 m)

Setengah beban pada lantai 2 dan setengah beban pada lantai 3 dengan ketinggian 4 m.

5. W4 (elevasi +10,50 m - +14,50 m)

Setengah beban pada lantai 3 dan setengah beban pada lantai 4 dengan ketinggian 4 m.

6. W5 (elevasi +14,50 m - +18,00 m)

Setengah beban pada lantai 4 dan setengah beban pada lantai ruang mesin lift dengan ketinggian 3,5 m.

7. W6 (elevasi +18,00 m - +19,5 m)

Setengah beban lantai ruang mesin lift dengan ketinggian 1,5 m.

- **Ketinggian Bangunan (H)**

$H_0 = -0,55 \text{ m}$

$H_1 = 0 \text{ m}$

$H_2 = 4,5 \text{ m}$

$H_3 = 8,5 \text{ m}$

$H_4 = 12,5 \text{ m}$

$H_5 = 16,5 \text{ m}$

$H_6 = 19,5 \text{ m}$

- **Berat Bangunan**

Berat bangunan ini terdiri dari beban mati dan beban hidup, dimana beban hidup bangunan ini telah direduksi 80% sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012.

W	Jenis Beban	Berat (kg)	Total (kg)
0	Mati	13860	13860
	Hidup	0	
1	Mati	588811,53	589297,79
	Hidup	486,25	
2	Mati	1614932,30	1644241,97
	Hidup	29309,67	
3	Mati	1596858,88	1626168,55
	Hidup	29309,67	
4	Mati	1587155,57	1616207,41
	Hidup	29051,84	
5	Mati	1418980,85	1424034,57
	Hidup	5053,72	
6	Mati	61164,05	61290,58
	Hidup	126,54	
Beban Total Lantai			6975100,88

Perhitungan Gaya Gempa Terjadi Periode 500 Tahun

W total : 6975100,88 kg

H (ketinggian bangunan) : 20,05 m

Sesuai *SNI 1726:2012 tabel 1 dan 2* fungsi bangunan sebagai pasar, maka termasuk dalam kategori resiko II:

Faktor Keutamaan (I) :

$I_e = 1$

Sesuai *SNI 1726:2012 tabel 9* menggunakan Sistem Rangka beton bertulang pemikul momen menengah

$R = 5$

Berdasarkan perhitungan sistem rangka pemikul momen menengah, lokasi bangunan di Pasuruan. Tanah tergolong tanah sedang.

Didapatkan data-data sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll}
 S_s &= 0,3 & S_{MS} &= 0,468 \\
 S_1 &= 0,1 & S_{M1} &= 0,240 \\
 F_a &= 1,56 & S_{DS} &= 0,312 \\
 F_v &= 2,4 & S_{D1} &= 0,160
 \end{array}$$

Menurut SNI 03- 1726 – 2012 Tabel 14, didapatkan nilai koefisien C_u sebesar = 1,580

Mencari Nilai T (Waktu Gempa Alami Fundamental)

Nilai C_t untuk rangka beton pemikul momen = 0.0466
(Tabel 15 SNI 1726-2012)

$$\begin{aligned}
 T_a = T &= C_t \times H_n^x \\
 &= 0.0466 \times 20,05^{0.9} \\
 &= 0,692
 \end{aligned}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,160}{0,312} = 0,513$$

Dari perhitungan diatas didapatkan:

$$T > T_s \rightarrow 0,692 > 0,513 \text{ (memenuhi)}$$

Koefisien Respon Seismik

Syarat :

Karena $T_a > T_s$, maka:

$$\begin{aligned}
 C_s \text{ hitungan} &= S_{d1} / T \text{ (R/Ie)} \\
 &= 0.046
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai } C_s \text{ harus tidak kurang dari} &= 0.044 \cdot S_{ds} \cdot I_e \\
 &= 0.0137
 \end{aligned}$$

Maka, diambil nilai $C_s = 0,046$

V Beban Geser Dasar

$$\begin{aligned}
 V &= C_s \times W_t \\
 &= 0.046 \times 6975100,88 \text{ kg} \\
 &= 322412,31 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya Seismik Lateral

untuk nilai $T < 0,5$ s ; maka nilai $k = 1$

untuk nilai $T > 2,5$ s ; maka nilai $k = 2$

untuk nilai $0,5 \text{ s} < T < 2,5 \text{ s}$; maka nilai k dengan interpolasi

Nilai $T = 0,692$; Nilai $k = 1,096$

Lantai	W_x	h_x	$W_x \cdot h_x^k$	C_{vx}	$F_x = C_{vx} \cdot V$
	(kg)	(m)	(kgm)		(kg)
F_0	13860,00	0	0,00	0.000	0.00
F_1	589297,79	0,5	275652,60	0.003	1006,94
F_2	1644241,97	5,0	9597069,72	0.109	35057,37
F_3	1626168,55	9,0	18078163,95	0.205	66038,17
F_4	1616207,41	13,0	26886931,37	0.305	98215,93
F_5	1424034,57	17,0	31788625,32	0.360	116121,45
F_6	61290,58	20,0	1634978,68	0.019	5972,45
Σ	6975100,9		88261421,6	1	322412,31

Beban Gempa per Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 5.4.3 Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana ed. Apabila ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa, dinyatakan dengan b maka eksentrisitas rencana ed harus di tentukan sebagai berikut :

Lantai	Pusat Massa		Pusat Kekakuan		Eksentrisitas	
	x	y	x	y	x	y
Lantai 0	22,857	22,000	22,857	22,000	0,000	0,000
Lantai 1	23,892	21,999	22,329	22,000	1,563	0,001
Lantai 2	24,077	21,986	22,329	22,000	1,748	0.014

Lantai 3	24,077	21,986	22,329	22,000	1,748	0.014
Lantai 4	23,882	21,986	22,329	22,000	1,553	0.014
Lantai 5	23,176	21,983	22,329	22,000	0,846	0,017
Lantai 6	3,717	22,003	3,613	22,000	0,104	0,003

*dalam satuan m

- Lantai 0
Fix = 0 dan Fiy = 0

- Lantai 1

$$M_x = \text{Eksentrisitas } x \cdot F_1$$

$$= 1,563 \text{ m} \cdot 1006,94 \text{ kg}$$

$$= 1573,447 \text{ kgm}$$

$$M_y = \text{Eksentrisitas } y \cdot F_1$$

$$= 0,001 \text{ m} \cdot 1006,94 \text{ kg}$$

$$= 1,325 \text{ kgm}$$

- Lantai 2

$$M_x = \text{Eksentrisitas } x \cdot F_2$$

$$= 1,748 \text{ m} \cdot 35057,37 \text{ kg}$$

$$= 61267,286 \text{ kgm}$$

$$M_y = \text{Eksentrisitas } y \cdot F_2$$

$$= 0,014 \text{ m} \cdot 35057,37 \text{ kg}$$

$$= 484,470 \text{ kgm}$$

- Lantai 3

$$M_x = \text{Eksentrisitas } x \cdot F_3$$

$$= 1,748 \text{ m} \cdot 66038,17 \text{ kg}$$

$$= 115410,231 \text{ kgm}$$

$$M_y = \text{Eksentrisitas } y \cdot F_3$$

$$= 0,014 \text{ m} \cdot 66038,17 \text{ kg}$$

$$= 912,605 \text{ kgm}$$

- Lantai 4

$$\begin{aligned} M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_4 \\ &= 1,553 \text{ m} \cdot 98215,93 \text{ kg} \\ &= 152523,171 \text{ kgm} \\ M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_4 \\ &= 0,014 \text{ m} \cdot 98215,93 \text{ kg} \\ &= 1368,798 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Lantai 5

$$\begin{aligned} M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_5 \\ &= 0,846 \text{ m} \cdot 116121,45 \text{ kg} \\ &= 98282,283 \text{ kgm} \\ M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_5 \\ &= 0,017 \text{ m} \cdot 116121,45 \text{ kg} \\ &= 1920,012 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Lantai 6

$$\begin{aligned} M_x &= \text{Eksentrisitas } x \cdot F_6 \\ &= 0,104 \text{ m} \cdot 5972,45 \text{ kg} \\ &= 621,798 \text{ kgm} \\ M_y &= \text{Eksentrisitas } y \cdot F_6 \\ &= 0,003 \text{ m} \cdot 5972,45 \text{ kg} \\ &= 16,217 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Beban gempa arah y.

$$F_{iy} = \frac{F_1}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } y \cdot y}{\Sigma(y^2)}$$

Beban gempa arah x.

$$F_{ix} = \frac{F_1}{n \text{ kolom}} + \frac{\text{Eksentrisitas } x \cdot x}{\Sigma(x^2)}$$

Untuk perhitungan beban gempa pada tiap kolom per lantai dapat dilihat di lampiran.

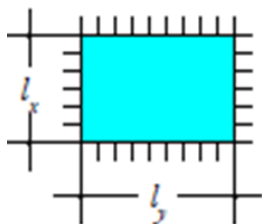
4.4 Perhitungan Tulangan Pelat

4.4.1 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai 2

Data perencanaan:

- Tipe = P1 lantai 2
- L_x = 3 m
- L_y = 3 m
- f'_c = 25 MPa
- f_y = 240 MPa
- β_1 = 0,85
- b = 1 m = 1000 mm
- h = 0,12 m = 120 mm
- ρ_{susut} = 0,0018.....(SNI 2847:2013)
- Tebal selimut = 0,02 m = 20 mm
- \emptyset tul. Rencana = 0,01 m = 10 mm
- $d_x = h - \text{tebal selimut} \times (\emptyset/2)$
 $= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} \times (10 \text{ mm}/2)$
 $= 95 \text{ mm}$
- $d_y = h - \text{tebal selimut} - \emptyset - (\emptyset/2)$
 $= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (10 \text{ mm}/2)$
 $= 85 \text{ mm}$

Asumsi jenis pelat : jepit penuh



$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3}{3} = 1 < 2 \quad (\text{TWO WAY SLAB})$$

Momen-Momen yang Dihitung

- Nilai X dari tabel momen pelat :

$$l_x = 21$$

$$l_y = 21$$

$$t_x = 52$$

$$t_y = 52$$

- Tulangan Lapangan (Momen Positif)

$$M_{lx} = -0,001 \times q_u \times l_x^2 \times X$$

$$M_{lx} = +0,001 \times (1402,73 \text{ kg/m}^2) \times (3 \text{ m})^2 \times 21$$

$$M_{lx} = 265,12 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = -0,001 \times q_u \times l_x^2 \times X$$

$$M_{ly} = +0,001 \times (1402,73 \text{ kg/m}^2) \times (3 \text{ m})^2 \times 21$$

$$M_{ly} = 265,12 \text{ kgm}$$

- Tulangan Tumpuan (Momen Negatif)

$$M_{tx} = -0,001 \times q_u \times l_x^2 \times X$$

$$M_{tx} = +0,001 \times (1402,73 \text{ kg/m}^2) \times (3 \text{ m})^2 \times 52$$

$$M_{tx} = 656,48 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times q_u \times l_x^2 \times X$$

$$M_{ty} = +0,001 \times (1402,73 \text{ kg/m}^2) \times (3 \text{ m})^2 \times 52$$

$$M_{ty} = 656,48 \text{ kgm}$$

Penulangan Pelat

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c}$$

$$m = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 11,29$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{240 \text{ N/mm}^2} = 0,0058$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{600}{600 + 240 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0538$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times 0,0538 = 0,0403$$

Tulangan Lapangan Arah X

$$M_u = M_{lx} = 265,1156 \text{ kgm} = 2651156 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{2651156 \text{ Nmm}}{0,9} = 2945728,80 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2}$$

$$R_n = \frac{2945728,80 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,326 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \times R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 11,29 \times 0,326 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0014$$

Cek Persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0014 < 0,0403 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

Maka dinaikkan 30% :

$$\rho = 1,3 \times 0,0014 = 0,0018$$

Sehingga :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d_x$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,0018 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 169,27 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $d = 10 \text{ mm}$; $A_{s \text{ perlu}} = 169,27 \text{ mm}^2$

Rencana jarak tulangan $S_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$

Sehingga jarak antar tulangan adalah :

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{\max} \leq 3h$$

$$S_{\max} \leq 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 360 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{rencana}}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 523,60 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pakai}}$$

$$169,27 \text{ mm}^2 < 523,60 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)}$$

Tulangan Tumpuan Arah X

$$M_u = M_{tx} = 656,4767 \text{ kgm} = 6564767 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{6564767 \text{ Nmm}}{0,9} = 7294185,60 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2}$$

$$R_n = \frac{7294185,60 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,81 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \times R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 11,29 \times 0,81 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0034$$

Cek Persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0034 < 0,0403 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

Maka dinaikkan 30% :

$$\rho = 1,3 \times 0,0034 = 0,0045$$

Sehingga :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d_x$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,0045 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 424,12 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $d = 10 \text{ mm}$; $A_{s \text{ perlu}} = 424,12 \text{ mm}^2$

Rencana jarak tulangan $S_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$

Sehingga jarak antar tulangan adalah :

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{\text{max}} \leq 3h$$

$$S_{\text{max}} \leq 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} \leq 360 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{rencana}}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 523,60 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pakai}}$$

$$424,12 \text{ mm}^2 < 523,60 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Tulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = M_{ly} = 265,1156 \text{ kgm} = 2651156 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{2651156 \text{ Nmm}}{0,9} = 2945728,80 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_y^2}$$

$$R_n = \frac{2945728,80 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (85 \text{ mm})^2} = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \times R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 11,29 \times 0,41 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0017$$

Cek Persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0017 < 0,0403 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

Maka dinaikkan 30% :

$$\rho = 1,3 \times 0,0017 = 0,0022$$

Sehingga :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d_y$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0022 \times 1000 \text{ mm} \times 85 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 189,55 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $d = 10 \text{ mm}$; $A_s \text{ perlu} = 189,55 \text{ mm}^2$

Rencana jarak tulangan $S_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$

Sehingga jarak antar tulangan adalah :

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{\max} \leq 3h$$

$$S_{\max} \leq 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 360 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{rencana}}}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

$$A_s \text{ pakai} = 523,60 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

$$189,55 \text{ mm}^2 < 523,60 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Tulangan Tumpuan Arah Y

$$M_u = M_{ty} = 656,4767 \text{ kgm} = 6564767 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{6564767 \text{ Nmm}}{0,9} = 7294185,60 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_y^2}$$

$$R_n = \frac{7294185,60 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (85 \text{ mm})^2} = 1,01 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \times R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 11,29 \times 0,81 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0043$$

Cek Persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0043 < 0,0403 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

Maka dinaikkan 30% :

$$\rho = 1,3 \times 0,0043 = 0,0056$$

Sehingga :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d_x$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,0056 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 476,43 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $d = 10 \text{ mm}$; $A_{s \text{ perlu}} = 476,43 \text{ mm}^2$

Rencana jarak tulangan $S_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$

Sehingga jarak antar tulangan adalah :

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{\text{max}} \leq 3h$$

$$S_{\text{max}} \leq 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} \leq 360 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{rencana}}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 523,60 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pakai}}$$

$$476,43 \text{ mm}^2 < 523,60 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Lendutan dan Retak Beton

- Modulus Elastisitas Beton (E_c)

$$E_c = 4700 \sqrt{f_{c'}}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{25'}$$

$$E_c = 23.500 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200.000 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$n = \frac{200.000 \text{ MPa}}{23.500 \text{ MPa}}$$

$$n = 8,511$$

- Batas Lendutan Maksimal (Δ_{ijin})

$$\Delta_{ijin} = \frac{lx}{240}$$

$$\Delta_{ijin} = \frac{3000 \text{ mm}}{240}$$

$$\Delta_{ijin} = 12,5$$

- Momen Inersia Pelat

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 1000 \text{ mm} \times (120 \text{ mm})^3$$

$$I_g = 144.000.000 \text{ mm}^4$$

- Jarak Garis Netral Terhadap Sisi Atas

$$c = n \times \frac{A_s \text{ Pakai}}{b}$$

$$c = 8,511 \times \frac{523,60 \text{ mm}^2}{1000 \text{ mm}}$$

$$c = 4,456 \text{ mm}$$

- Momen Inersia Penampang Retak

$$I_{cr} = \frac{E_s}{E_c} \times \left[A_s + \frac{P_u}{f_y} \times \frac{\square}{2d} \right] \times (d - c)^2 + \frac{L_x \times c^2}{3}$$

$$I_{cr} = 8,511 \times 523,60 \times 8198,19 + 19857,40$$

$$I_{cr} = 36.552.288,64 \text{ mm}^4$$

- Momen Maksimal

$$M_a = \frac{1}{8} \times Q_u \times Lx^2$$

$$M_a = \frac{1}{8} \times 1402,73 \text{ kg/m}^2 \times (3 \text{ m})^2$$

$$M_a = 1578,069 \text{ kgm}$$

$$M_a = 15780690 \text{ Nmm}$$

- Modulus Keruntuhan Beton

$$f_r = 0,62\lambda \times \sqrt{f_c'}$$

$$f_r = 0,62 \times 1 \times \sqrt{25}$$

$$f_r = 3,1 \text{ MPa}$$

- Momen Retak

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t}$$

$$M_{cr} = \frac{3,1 \text{ MPa} \times 144.000.000 \text{ mm}^4}{\frac{120 \text{ mm}}{2}}$$

$$f_r = 7.440.000 \text{ Nmm}$$

- Momen Inersia Efektif

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \times I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] \times I_{cr}$$

$$I_e = 0,104795 \times 144000000 + 0,89529 \times 36552289$$

$$I_e = 47812278,79 \text{ mm}^4$$

- Lendutan Elastis

$$\delta_e = \frac{5}{384} \times \frac{Q_u \times L^4}{E_c \times I_e}$$

$$\delta_e = \frac{5}{384} \times \frac{0,01403 \times 3583548,47}{23500 \times 47812278,8}$$

$$\delta_e = 0,01317 \text{ mm}$$

- Rasio Tulangan Pelat

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$\rho = \frac{523,60 \text{ mm}^2}{1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}}$$

$$\rho = 0,00551$$

- Faktor Ketergantungan Waktu

$$\geq 5 \text{ tahun}$$

$$\xi = 2$$

$$\lambda = 1 + 50\rho = 1,568$$

Lendutan 5 tahun

$$\delta g = \lambda \times \frac{5}{384} \times \frac{Q_u \times l^4}{E_c \times I_e}$$

$$\delta g = 1,568 \times \frac{5}{384} \times \frac{0,01403 \times 3583548,47}{23500 \times 47812278,8}$$

$$\delta g = 0,02064 \text{ mm}$$

Lendutan total

$$\delta_{\text{total}} = \delta e + \delta g$$

$$\delta_{\text{total}} = 0,01317 \text{ mm} + 0,02064 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{total}} = 0,03381 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\delta_{\text{total}} < \Delta_{\text{ijin}}$$

$$0,03381 \text{ mm} < 12,5 \text{ mm} \quad (\textbf{Memenuhi})$$

- Tegangan Ijin pada Tulangan

$$f_s = 0,6 \times f_y$$

$$f_s = 0,6 \times 240 \text{ MPa}$$

$$f_s = 144 \text{ MPa}$$

$$d_c = \text{tulangan selimut} - \frac{1}{2} \times \text{diameter tulangan}$$

$$d_c = 20 \text{ mm} \times (0,5 \times 10 \text{ mm})$$

$$d_c = 15 \text{ mm}$$

Luas Efektif Beton Tarik (A_e)

$$A_e = 2 \times d_c \times s \text{ tulangan}$$

$$A_e = 2 \times d_c \times s \text{ tulangan}$$

$$A_e = 2 \times 15 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$$

$$A_e = 4500 \text{ mm}$$

Nilai Lebar Retak (ω)

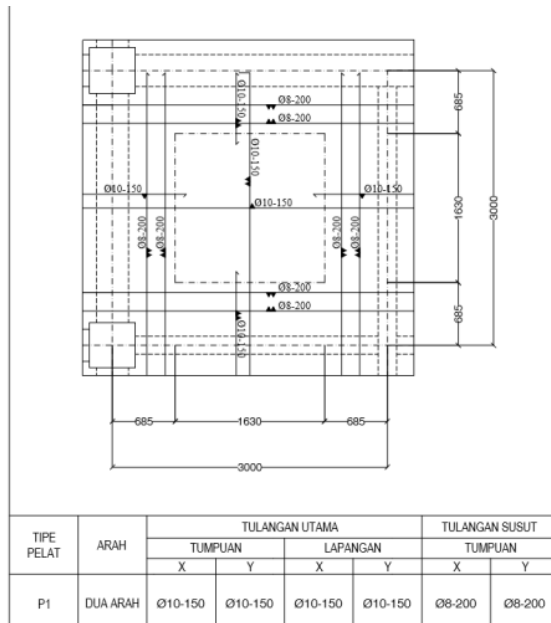
$$\omega = \delta e + \delta g$$

$$\omega = 0,09137 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\omega < 0,4 \text{ mm}$$

$$0,09137 \text{ mm} < 12,5 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$



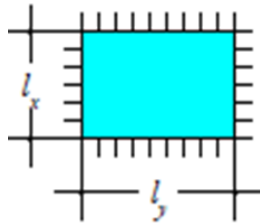
Gambar 4.13 : Sketsa Penulangan Pelat Lantai

4.4.2 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai Atap

Data perencanaan:

- Tipe = P7 lantai atap
- L_x = 1,60 m
- L_y = 3 m
- f'_c = 25 MPa
- f_y = 240 MPa
- β_1 = 0,85
- b = 1 m = 1000 mm
- h = 0,12 m = 120 mm
- ρ_{susut} = 0,0018.....(SNI 2847:2013)
- Tebal selimut = 0,02 m = 20 mm
- \emptyset tul. Rencana = 0,01 m = 10 mm
 - d_x = $h - \text{tebal selimut} \times (\emptyset/2)$
 = 120 mm – 20 mm x (10 mm/2)
 = 95 mm
 - d_y = $h - \text{tebal selimut} - \emptyset - (\emptyset/2)$
 = 120 mm – 20 mm – 10 mm – (10 mm/2)
 = 85 mm

Asumsi jenis pelat : jepit penuh



$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3}{1,60} = 1,90 < 2,00 \text{ (TWO WAY SLAB)}$$

a. Momen-Momen yang Dihitung

- Nilai X dari tabel momen pelat :
 - l_x = 40
 - l_y = 12

$$t_x = 83$$

$$t_y = 57$$

- Tulangan Lapangan (Momen Positif)

$$M_{lx} = -0,001 \times q_u \times l_x^2 \times X$$

$$M_{lx} = +0,001 \times (574,13 \text{ kg/m}^2) \times (1,60 \text{ m})^2 \times 40$$

$$M_{lx} = 143,64 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = -0,001 \times q_u \times l_x^2 \times X$$

$$M_{ly} = +0,001 \times (574,13 \text{ kg/m}^2) \times (1,60 \text{ m})^2 \times 12$$

$$M_{ly} = 43,09 \text{ kgm}$$

- Tulangan Tumpuan (Momen Negatif)

$$M_{tx} = -0,001 \times q_u \times l_x^2 \times X$$

$$M_{tx} = +0,001 \times (574,13 \text{ kg/m}^2) \times (1,60 \text{ m})^2 \times 83$$

$$M_{tx} = 298,05 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times q_u \times l_x^2 \times X$$

$$M_{ty} = +0,001 \times (574,13 \text{ kg/m}^2) \times (1,60 \text{ m})^2 \times 57$$

$$M_{ty} = 204,69 \text{ kgm}$$

b. Penulangan Pelat

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c}$$

$$m = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 11,29$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{240 \text{ N/mm}^2} = 0,0058$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{600}{600 + 240 \text{ N/mm}^2} \right)$$

$$\rho_b = 0,0538$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times 0,0538 = 0,0403$$

Tulangan Lapangan Arah X

$$M_u = M_{lx} = 143,64 \text{ kgm} = 1436393,47 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{1436393,47 \text{ Nmm}}{0,9} = 1595992,75 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2}$$

$$R_n = \frac{1595992,75 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,177 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \times R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 11,29 \times 0,177 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0007$$

Cek Persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0007 < 0,0403 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Maka dinaikkan 30% :

$$\rho = 1,3 \times 0,0007 = 0,0010$$

Sehingga :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d_x$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,0010 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 91,38 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $d = 10 \text{ mm}$; $A_{s \text{ perlu}} = 91,38 \text{ mm}^2$

Rencana jarak tulangan $S_{\text{rencana}} = 200 \text{ mm}$

Sehingga jarak antar tulangan adalah :

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{\text{max}} \leq 3h$$

$$S_{\text{max}} \leq 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} \leq 360 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{rencana}}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 392,70 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pakai}}$$

$$91,38 \text{ mm}^2 < 392,70 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Tulangan Tumpuan Arah X

$$M_u = M_{tx} = 298,05 \text{ kgm} = 2980516,45 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{2980516,45 \text{ Nmm}}{0,9} = 3311684,95 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2}$$

$$R_n = \frac{3311684,95 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,367 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \times R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 11,29 \times 0,367 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0015$$

Cek Persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0015 < 0,0403 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

Maka dinaikkan 30% :

$$\rho = 1,3 \times 0,0015 = 0,0020$$

Sehingga :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d_x$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,0020 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 190,48 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $d = 10 \text{ mm}$; $A_{s \text{ perlu}} = 190,48 \text{ mm}^2$

Rencana jarak tulangan $S_{\text{rencana}} = 200 \text{ mm}$

Sehingga jarak antar tulangan adalah :

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{\max} \leq 3h$$

$$S_{\max} \leq 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 360 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S_{rencana}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 392,70 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pakai}}$$

$$190,48 \text{ mm}^2 < 392,70 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Tulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = Mly = 43,09 \text{ kgm} = 430918,04 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{430918,04 \text{ Nmm}}{0,9} = 1595992,75 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_y^2}$$

$$R_n = \frac{1595992,75 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (85 \text{ mm})^2} = 0,066 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \times R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 11,29 \times 0,066 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0003$$

Cek Persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0003 < 0,0403 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Maka dinaikkan 30% :

$$\rho = 1,3 \times 0,0003 = 0,00036$$

Sehingga :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d_y$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,00036 \times 1000 \text{ mm} \times 85 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 30,56 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $d = 10 \text{ mm}$; $A_s \text{ perlu} = 30,56 \text{ mm}^2$

Rencana jarak tulangan $S_{\text{rencana}} = 200 \text{ mm}$

Sehingga jarak antar tulangan adalah :

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{\text{max}} \leq 3h$$

$$S_{\text{max}} \leq 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} \leq 360 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{rencana}}}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$A_s \text{ pakai} = 392,70 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

$$30,56 \text{ mm}^2 < 392,70 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Tulangan Tumpuan Arah Y

$$M_u = M_{ty} = 204,69 \text{ kgm} = 2046860,70 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{2046860,70 \text{ Nmm}}{0,9} = 2274289,66 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_y^2}$$

$$R_n = \frac{2274289,66 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (85 \text{ mm})^2} = 0,315 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \times R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 11,29 \times 0,315 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0013$$

Cek Persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0013 < 0,0403 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

Maka dinaikkan 30% :

$$\rho = 1,3 \times 0,0013 = 0,0017$$

Sehingga :

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d_x$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,0017 \times 1000 \text{ mm} \times 85 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 146,02 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $d = 10 \text{ mm}$; $A_{s \text{ perlu}} = 146,02 \text{ mm}^2$

Rencana jarak tulangan $S_{\text{rencana}} = 150 \text{ mm}$

Sehingga jarak antar tulangan adalah :

Kontrol jarak spasi tulangan:

$$S_{\max} \leq 3h$$

$$S_{\max} \leq 3 \times 120 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 360 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S_{rencana}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 392,70 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pakai}}$$

$$146,02 \text{ mm}^2 < 392,70 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Lendutan dan Retak Beton

- Modulus Elastisitas Beton (E_c)

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c'}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{25'}$$

$$E_c = 23.500 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200.000 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$n = \frac{200.000 \text{ MPa}}{23.500 \text{ MPa}}$$

$$n = 8,511$$

- Batas Lendutan Maksimal (Δ_{ijin})

$$\Delta_{ijin} = \frac{l_x}{240}$$

$$\Delta_{ijin} = \frac{1600 \text{ mm}}{240}$$

$$\Delta_{ijin} = 6,67$$

- Momen Inersia Pelat

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 1000 \text{ mm} \times (120 \text{ mm})^3$$

$$I_g = 144.000.000 \text{ mm}^4$$

- Jarak Garis Netral Terhadap Sisi Atas

$$c = n \times \frac{A_s \text{ Pakai}}{b}$$

$$c = 8,511 \times \frac{392,70 \text{ mm}^2}{1000 \text{ mm}}$$

$$c = 3,342 \text{ mm}$$

- Momen Inersia Penampang Retak

$$I_{cr} = \frac{E_s}{E_c} \times \left[A_s + \frac{P_u}{f_y} \times \frac{\square}{2d} \right] \times (d - c)^2 + \frac{L_x \times c^2}{3}$$

$$I_{cr} = 8,511 \times 392,70 \times 0 \times 8401,17 + 5957,21$$

$$I_{cr} = 28083664,14 \text{ mm}^4$$

- Momen Maksimal

$$M_a = \frac{1}{8} \times Q_u \times L^2$$

$$M_a = \frac{1}{8} \times 1402,73 \text{ kg/m}^2 \times (1,60 \text{ m})^2$$

$$M_a = 183,721 \text{ kgm}$$

$$M_a = 1837210 \text{ Nmm}$$

- Modulus Keruntuhan Beton

$$f_r = 0,62\lambda \times \sqrt{f_{c'}}$$

$$f_r = 0,62 \times 1 \times \sqrt{25}$$

$$f_r = 3,1 \text{ MPa}$$

- Momen Retak

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t}$$

$$M_{cr} = \frac{3,1 \text{ MPa} \times 144.000.000 \text{ mm}^4}{\frac{120 \text{ mm}}{2}}$$

$$f_r = 7.440.000 \text{ Nmm}$$

- Momen Inersia Efektif

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \times I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] \times I_{cr}$$

$$I_e = 66,41141 \times 144000000 - 65,411 \times 28083664$$

$$I_e = 7726250748 \text{ mm}^4$$

- Lendutan Elastis

$$\delta_e = \frac{5}{384} \times \frac{Q_u \times L^4}{E_c \times I_e}$$

$$\delta_e = \frac{5}{384} \times \frac{0,00574 \times 1066629,80}{23500 \times 7726250748}$$

$$\delta_e = 0,00669 \text{ mm}$$

- Rasio Tulangan Pelat

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$\rho = \frac{392,70 \text{ mm}^2}{1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}}$$

$$\rho = 0,00413$$

- Faktor Ketergantungan Waktu

$$\geq 5 \text{ tahun}$$

$$\xi = 2$$

$$\lambda = 1 + 50\rho = 1,657$$

Lendutan 5 tahun

$$\delta g = \lambda \times \frac{5}{384} \times \frac{Q_u \times l^4}{E_c \times I_e}$$

$$\delta g = 1,657 \times \frac{5}{384} \times \frac{0,00574 \times 1066629,80}{23500 \times 7726250748}$$

$$\delta g = 0,01108 \text{ mm}$$

Lendutan total

$$\delta_{\text{total}} = \delta e + \delta g$$

$$\delta_{\text{total}} = 0,00669 \text{ mm} + 0,01108 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{total}} = 2892,584 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\delta_{\text{total}} < \Delta_{\text{ijin}}$$

$$2892,584 \text{ mm} < 6,67 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- Tegangan Ijin pada Tulangan

$$f_s = 0,6 \times f_y$$

$$f_s = 0,6 \times 240 \text{ MPa}$$

$$f_s = 144 \text{ MPa}$$

$$d_c = \text{tulangan selimut} - \frac{1}{2} \times \text{diameter tulangan}$$

$$d_c = 20 \text{ mm} \times (0,5 \times 10 \text{ mm})$$

$$d_c = 15 \text{ mm}$$

Luas Efektif Beton Tarik (A_e)

$$A_e = 2 \times d_c \times s \text{ tulangan}$$

$$A_e = 2 \times d_c \times s \text{ tulangan}$$

$$A_e = 2 \times 15 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$$

$$A_e = 6000 \text{ mm}$$

Nilai Lebar Retak (ω)

$$\omega = \delta e + \delta g$$

$$\omega = 0,10056 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\omega < 0,4 \text{ mm}$$

$$0,10056 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

4.4.3 Hasil Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

Dengan menggunakan metode analisa perhitungan yang sama didapatkan hasil perhitungan penulangan pelat sebagai berikut:

No	Tipe Pelat	Arah	Arah X		Arah Y		Tul. Susut		Ket.
			Tump	Lap	Tump	Lap	Arah X	Arah Y	
1	P1	2 arah	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø8-200	Ø8-200	Pelat lantai 2,3,4
2	P2	2 arah	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø8-200	Ø8-200	
3	P3	1 arah	Ø10-150	Ø10-150				Ø8-200	
4	P4	1 arah	Ø10-150	Ø10-150				Ø8-200	
5	P5	1 arah	Ø10-150	Ø10-150				Ø8-200	Pelat kantilever lantai 2,3,4
6	P5	1 arah	Ø10-200	Ø10-200				Ø8-200	Pelat kantilever lantai atap

7	P1	2 arah	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø8-200	Ø8-200	Pelat lantai atap
8	P2	2 arah	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø8-200	Ø8-200	
9	P4	1 arah	Ø10-200	Ø10-200				Ø8-200	
10	P6	1 arah	Ø10-200	Ø10-200				Ø8-200	
11	P7	2 arah	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø8-200	Ø8-200	
12	P8	1 arah	Ø10-200	Ø10-200				Ø8-200	
13	P9	2 arah	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø8-200	Ø8-200	
14	P8 (t=15 cm)	1 arah	Ø10-200	Ø10-200				Ø8-200	Pelat lantai ruang mesin lift

4.4.4 Perhitungan Tangga dan Bordes

Perhitungan penulangan pada tangga pada umumnya sama seperti perhitungan penulangan pada pelat. Permodelan tangga menggunakan aplikasi SAP 2000 dengan asumsi perletakan jepit-sendi-sendi.

Tangga pada gedung perkuliahan ini terdapat dua tipe yaitu tipe A dan tipe B. Tangga terletak pada lantai dasar sampai lantai tiga. Pada dasarnya tangga tipe A dan tipe B memiliki dimensi yang hampir sama hanya saja berbeda lebarnya.

Berikut ini akan dibahas perhitungan penulangan tangga dan bordes :

Perhitungan Penulangan Tangga

- Data-data perencanaan

Tipe tangga	: Tangga Kecil
Panjang datar tangga	: 350 cm
Tinggi tangga	: 400 cm
Tinggi pelat bordes	: 200 cm
Tebal pelat tangga	: 15 cm
Tebal pelat bordes	: 15 cm
Lebar ijakan	: 25 cm
Tinggi ijakan	: 18 cm

- Output momen dari SAP 2000

Adapun momen dari aplikasi SAP 2000 dengan menggunakan kombinasi pembebanan 1,2D+1,6L dengan mendapatkan hasil momen yaitu 2044,86 kgm.

- Tinggi Pelat Efektif

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - 1/2\emptyset \text{ rencana} \\ dx &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 1/2 \times 12 \text{ mm} \\ dx &= 124 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - \emptyset - 1/2\emptyset \text{ rencana} \\ dy &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - 1/2 \times 12 \text{ mm} \\ dy &= 112 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tulangan Minimum dan Maksimum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240 \text{ N/mm}^2} = 0,0058$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \left(\frac{600}{600 + 240 \text{ N/mm}^2} \right)}{240 \text{ N/mm}^2}$$

$$\rho_b = 0,054$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,054 = 0,0403$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 11,29$$

(SNI 2847:2013 B.8.42)

Penulangan pada Pelat Tangga

Tulangan Arah Y

$$M_u = 20448600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{20448600 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 22720666,667 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2}$$

$$R_n = \frac{22720666,667 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (112 \text{ mm})^2}$$

$$R_n = 1,8113 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 11,29 \times (1,8113 \text{ N/mm}^2)}{240 \text{ N/mm}^2} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0079$$

Cek Persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0079 < 0,0403 \quad (\textbf{Memenuhi})$$

Maka digunakan $\rho = 0,0079$

Sehingga :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0079 \times 1000 \text{ mm} \times 112 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 884,729 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 300 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø12, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm}^2) \cdot 1000 \text{ mm}}{884,729 \text{ mm}^2}$$

$$S = 127,833 \text{ mm}$$

Cek Persyaratan :

$$S \leq S_{\max}$$

$$127,833 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad (\textbf{Memenuhi})$$

Maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai Ø12

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (12 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 1130,973 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pakai}}$$

$$677,086 \text{ mm}^2 < 1130,973 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka digunakan tulangan arah Y Ø12 dengan jarak 100 mm.

Tulangan Arah X

$$M_u = 20448600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{20448600 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 22720666,667 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2}$$

$$R_n = \frac{22720666,667 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (124 \text{ mm})^2}$$

$$R_n = 1,478 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 11,29 \times (1,478 \text{ N/mm}^2)}{240 \text{ N/mm}^2} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0064$$

Cek Persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0064 < 0,0403 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka digunakan $\rho = 0,0064$

Sehingga :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0064 \times 1000 \text{ mm} \times 124 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 792,032 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 300 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø12, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm}^2) \cdot 1000 \text{ mm}}{792,032 \text{ mm}^2}$$

$$S = 142,794 \text{ mm}$$

Cek Persyaratan :

$$S \leq S_{\max}$$

$$142,794 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai Ø12

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (12 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 1130,973 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pakai}}$$

$$792,032 \text{ mm}^2 < 1130,973 \text{ mm}^2 \quad (\textbf{Memenuhi})$$

Maka digunakan tulangan arah X Ø12 dengan jarak 100 mm.

Tulangan Susut

$$\rho_{\text{susut}} = 0,0018 \quad (\text{sesuai SNI 2847:2013})$$

$$A_{s \text{ susut}} = \rho \times b \times h$$

$$A_{s \text{ susut}} = 0,0018 \times 1000 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$$

$$A_{s \text{ susut}} = 270 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak spasi tulangan

$$S_{\text{max}} = 5h$$

$$S_{\text{max}} = 5 \times 150 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 750 \text{ mm} \quad (\text{dipakai } 450 \text{ mm})$$

Dipakai tulangan Ø10 dengan jarak 200 mm.

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s \text{ perlu}}}$$

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm}^2) \cdot 1000 \text{ mm}}{270 \text{ mm}^2}$$

$$S = 290,888 \text{ mm}$$

Cek Persyaratan :

$$S \leq S_{\text{max}}$$

$$290,888 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai Ø10

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 392,699 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ perlu}} < A_{s \text{ pakai}}$$

$$270 \text{ mm}^2 < 392,699 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka digunakan tulangan susut Ø10 dengan jarak 200 mm.

Perhitungan Penulangan Pelat Bordes

- Data-data perencanaan

Tipe tangga	: Bordes pada Tangga Kecil
Panjang datar tangga	: 350 cm
Tinggi tangga	: 400 cm
Tinggi pelat bordes	: 200 cm
Tebal pelat tangga	: 15 cm
Tebal pelat bordes	: 15 cm
Lebar ijakan	: 25 cm
Tinggi ijakan	: 18 cm

- Output momen dari SAP 2000

Adapun momen dari aplikasi SAP 2000 dengan menggunakan kombinasi pembebanan 1,2D+1,6L

dengan mendapatkan hasil momen yaitu 5409,32 kgm.

- Tinggi Pelat Efektif

$dx = \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - 1/2\emptyset \text{ rencana}$

$$dx = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 1/2 \times 12 \text{ mm}$$

$$dx = 124 \text{ mm}$$

$dy = \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - \emptyset - 1/2\emptyset \text{ rencana}$

$$dy = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - 1/2 \times 12 \text{ mm}$$

$$dy = 112 \text{ mm}$$

- Tulangan Minimum dan Maksimum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240 \text{ N/mm}^2} = 0,0058$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \left(\frac{600}{600 + 240 \text{ N/mm}^2} \right)}{240 \text{ N/mm}^2}$$

$$\rho_b = 0,054$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,054 = 0,0403$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2} = 11,29$$

(SNI 2847:2013 B.8.42)

Penulangan pada Pelat Bordes

Tulangan Arah Y

$$M_u = 54093200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset}$$

$$M_n = \frac{54093200 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 60103555,556 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2}$$

$$R_n = \frac{60103555,556 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (112 \text{ mm})^2}$$

$$R_n = 4,791 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 11,29 \times (4,791 \text{ N/mm}^2)}{240 \text{ N/mm}^2} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0229$$

Cek Persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0229 < 0,0403 \quad (\textbf{Memenuhi})$$

Maka digunakan $\rho = 0,0229$

Sehingga :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0229 \times 1000 \text{ mm} \times 112 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 2568,671 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 300 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø16, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm}^2) \cdot 1000 \text{ mm}}{2568,671 \text{ mm}^2}$$

$$S = 78,275 \text{ mm}$$

Cek Persyaratan :

$$S \leq S_{\max}$$

$$78,275 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad (\textbf{Memenuhi})$$

Maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 50 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai Ø16

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 \times b}{S \text{ pakai}}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{50 \text{ mm}}$$

$$A_s \text{ pakai} = 4021,239 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

$$2568,671 \text{ mm}^2 < 4021,239 \text{ mm}^2 \quad (\textbf{Memenuhi})$$

Maka digunakan tulangan arah Y Ø16 dengan jarak 50 mm.

Tulangan Arah X

$$M_u = 54093200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{54093200 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 60103555,556 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2}$$

$$R_n = \frac{60103555,556 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \times (124 \text{ mm})^2}$$

$$R_n = 3,909 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 11,29 \times (3,909 \text{ N/mm}^2)}{240 \text{ N/mm}^2} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0181$$

Cek Persyaratan :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0181 < 0,0403 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka digunakan $\rho = 0,0181$

Sehingga :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0181 \times 1000 \text{ mm} \times 124 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 2250 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 300 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø16, sehingga jarak antar tulangan

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm}^2) \cdot 1000 \text{ mm}}{2250 \text{ mm}^2}$$

$$S = 89,353 \text{ mm}$$

Cek Persyaratan :

$$S \leq S_{\max}$$

$$89,353 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 50 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai Ø16

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 \times b}{S \text{ pakai}}$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{\frac{1}{4} \pi \times (16 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{50 \text{ mm}}$$

$$A_s \text{ pakai} = 4021,239 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ pakai}$$

$$2250 \text{ mm}^2 < 4021,239 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka digunakan tulangan arah X Ø16 dengan jarak 50 mm.

Tulangan Susut

$$\rho_{\text{susut}} = 0,0018$$

$$A_s \text{ susut} = \rho \times b \times h$$

$$A_s \text{ susut} = 0,0018 \times 1000 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ susut} = 270 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak spasi tulangan

$$S_{\max} = 5h$$

$$S_{\max} = 5 \times 150 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 750 \text{ mm} \text{ atau dipakai } 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø10 dengan jarak 200 mm.

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$S = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm}^2) \cdot 1000 \text{ mm}}{270 \text{ mm}^2}$$

$$S = 290,888 \text{ mm}$$

Cek Persyaratan :

$$S \leq S_{\max}$$

$$290,888 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad (\textbf{Memenuhi})$$

Maka digunakan $S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$

Tulangan yang dipakai Ø10

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S \text{ pakai}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = 392,699 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_s \text{ perlu} < A_{s \text{ pakai}}$$

$$270 \text{ mm}^2 < 392,699 \text{ mm}^2 \quad (\textbf{Memenuhi})$$

Maka digunakan tulangan susut Ø10 dengan jarak 200 mm.

4.4.5 Hasil Perhitungan Tangga dan Bordes

Dengan menggunakan metode analisa perhitungan yang sama didapatkan hasil perhitungan tangga dan bordes sebagai berikut:

No	Tipe Tangga/Bordes	Tulangan		Tulangan Susut
		Arah X	Arah Y	
1	Tangga Kecil	Ø12 - 100 mm	Ø12 - 100 mm	Ø10 - 200 mm
2	Tangga Utama Kecil	Ø12 - 100 mm	Ø12 - 100 mm	Ø10 - 200 mm
3	Tangga Utama Besar	Ø12 - 100 mm	Ø12 - 100 mm	Ø10 - 200 mm
4	Bordes Kecil	Ø16 - 70 mm	Ø16 - 70 mm	Ø10 - 200 mm
5	Bordes Utama	Ø12 - 100 mm	Ø12 - 100 mm	Ø10 - 200 mm

4.4.6 Perhitungan Cross Tangga

Perhitungan cross tangga ini berfungsi untuk mengetahui momen-momen tangga yang didapatkan dari perhitungan cross tersebut lalu dibandingkan dengan momen yang di dapat dari SAP 2000. Berikut merupakan perhitungan cross tangga pada tangga kecil.

- **Data Perencanaan**

Panjang datar tangga	= 350 cm = 3500 mm
Tinggi tangga	= 400 cm = 4000 mm
Tinggi pelat bordes	= 200 cm = 2000 mm
Tebal pelat bordes	= 15 cm = 150 mm
Tebal selimut beton	= 20 mm
Lebar injakan	= 25 cm = 250 mm
Tinggi injakan	= 18 cm = 180 mm
Mutu beton (f_c')	= 25 MPa
Tulangan lentur (f_y)	= 400 MPa
Tulangan geser (f_y)	= 240 MPa
B	= 0,85
BJ beton	= 2400 kg/m ³
Ø tulangan lentur	= 12 mm

Ø tulangan geser = 10 mm

- **Pembebanan Tangga**

Beban Mati (DL)

Spesi (t = 2 cm) = 12 kg/m^2

Berat sendiri pelat

(0,15 m x 2400 kg/m^3) = 360 kg/m^2

Keramik (t = 1 cm) = 15 kg/m^2

Berat sendiri anak tangga

$((9,738/100) \times 2400 \text{ kg/m}^3)$ = $233,712 \text{ kg/m}^2$

Railing tangga = $\underline{11,079 \text{ kg/m}^2} +$

TOTAL = $631,791 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (LL)

Tangga dan jalan keluar = 479 kg/m^2

Beban Ultimate (Qu)

$Q_u = 1,2DL + 1,6LL$

= $(1,2 \times 631,791 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 479 \text{ kg/m}^2)$

= $1524,55 \text{ kg/m}^2$

Beban Merata (q)

q tangga = $Q_u \times \text{lebar tangga}$

= $1524,55 \text{ kg/m}^2 \times 1,3 \text{ m}$

= $1981,91 \text{ kg/m}$

- **Pembebanan Bordes**

Beban Mati (DL)

Spesi (t = 2 cm) = 12 kg/m^2

Berat sendiri pelat

(0,15 m x 2400 kg/m^3) = 360 kg/m^2

Keramik (t = 1 cm) = 15 kg/m^2

TOTAL = 387 kg/m^2

Beban Hidup (LL)

$$\text{Tangga dan jalan keluar} = 479 \text{ kg/m}^2$$

Beban Ultimate (Qu)

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2DL + 1,6LL \\ &= (1,2 \times 387 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 479 \text{ kg/m}^2) \\ &= 1230,80 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Merata (q)

$$\begin{aligned} q \text{ tangga} &= Q_u \times \text{lebar tangga} \\ &= 1230,80 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} \\ &= 1230,80 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- **Q tangga (ketika tangga didatarkan)**

Tangga bagian Bawah

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{2,5 \text{ m}}{3,2 \text{ m}} = 0,78 \\ \alpha &= \arccos(0,78) = 38,74^\circ \\ \frac{q \text{ tangga}}{\cos(38,74)} &= \frac{1981,91 \text{ kg/m}}{\cos(38,74)} = 3921,06 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Tangga bagian Atas

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{2,5 \text{ m}}{3,2 \text{ m}} = 0,78 \\ \alpha &= \arccos(0,78) = 38,74^\circ \\ \frac{q \text{ tangga}}{\cos(38,74)} &= \frac{1981,91 \text{ kg/m}}{\cos(38,74)} = 3921,06 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- **Penulangan Pelat Tangga**

Tebal Manfaat Pelat

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - 1/2\emptyset \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \times 12 \text{ mm} \\ &= 124 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \emptyset - 1/2\emptyset \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \frac{1}{2} \times 12 \text{ mm} \\
 &= 112 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Panjang Miring Tangga

$$\begin{aligned}
 \text{Tangga bawah} &= \sqrt{2,5 \text{ m}^2 + 2 \text{ m}^2} \\
 &= 3,20 \text{ m} \\
 \text{Tangga atas} &= \sqrt{2,5 \text{ m}^2 + 2 \text{ m}^2} \\
 &= 3,20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian Cross

$$M_{ba} : M_{bc} : M_{bd}$$

$$\frac{3EI}{1} : \frac{3EI}{3,2} : \frac{4EI}{3,2} = 3EI : 0,94EI : 1,25EI$$

$$M_{ba} = \frac{3EI}{3EI + 0,94EI + 1,25EI} = 0,58$$

$$M_{bc} = \frac{0,94EI}{3EI + 0,94EI + 1,25EI} = 0,18$$

$$M_{bd} = \frac{1,25EI}{3EI + 0,94EI + 1,25EI} = 0,24$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol} &= M_{ba} + M_{bc} + M_{bd} \\
 &= 0,58 + 0,18 + 0,24 \\
 &= 1,00 \quad \text{(OKE)}
 \end{aligned}$$

Momen Primair





$$\begin{aligned}
 \text{MF BA} &= +\frac{1}{8} \times q \times L^2 \\
 &= +\frac{1}{8} \times 1230,80 \text{ kg/m} \times (1 \text{ m})^2 \\
 &= 153,85
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MF BC} &= +\frac{1}{8} \times q \times L^2 \\
 &= +\frac{1}{8} \times 3921,06 \text{ kg/m} \times (2,5 \text{ m})^2 \\
 &= 3036,325
 \end{aligned}$$

$$\text{MF BD} = +\frac{1}{12} \times q \times L^2$$

$$\begin{aligned}
 &= +\frac{1}{12} \times 3921,06 \text{ kg/m} \times (2,5 \text{ m})^2 \\
 &= 2042,217 \\
 \text{MF DB} &= -\frac{1}{12} \times q \times L^2 \\
 &= -\frac{1}{12} \times 3921,06 \text{ kg/m} \times (2,5 \text{ m})^2 \\
 &= -2042,217
 \end{aligned}$$

Tabel Cross

Titik Batang	B			D
	BA	BC	BD	DB
FD	-0,58	-0,18	-0,24	0
MF	153,85	3063,325	2042,217	-2042,217
MD	-3040,111	-952,568	-1266,713	0
MI	0	0	0	-633,356
MD	0	0	0	0
M Akhir	-2886,26	2110,76	775,50	-2675,57
Gambar				

Free Body Diagram

Batang AB

$$\Sigma M_B = 0 \text{ (dimisalkan arah } VA \uparrow)$$

$$(VA \times L) - \left(\frac{1}{2} \times q \times L^2\right) + M_{ba} = 0$$

$$(VA \times 1 \text{ m}) - \left(\frac{1}{2} \times 1230,80 \text{ kg/m} \times (1 \text{ m})^2\right) + (-2886,26 \text{ kgm}) = 0$$

$$VA \times 1 \text{ m} = 615,40 \text{ kgm} - 2886,26 \text{ kgm}$$

$$VA = \frac{-2270,86 \text{ kgm}}{1 \text{ m}}$$

$$VA = -2270,86 \text{ kg} \left(\downarrow \right)$$

$$VB = Q - VA$$

$$= 1230,80 \text{ kg} - 2270,86 \text{ kg}$$

$$= 3501,66 \text{ kg} \left(\uparrow \right)$$

Batang BD

$$\Sigma M_B = 0 \text{ (dimisalkan arah VD } \uparrow)$$

$$(-VD \times L) + \left(\frac{1}{2} \times q \times L^2\right) + M_{bd} = 0$$

$$(-VD \times 2,5 \text{ m}) + \left(\frac{1}{2} \times 3921,06 \text{ kg/m} \times (2,5 \text{ m})^2\right) + (775,50 \text{ kgm}) = 0$$

$$VD \times 2,5 \text{ m} = 12253,3 \text{ kgm} + 775,50 \text{ kgm}$$

$$VD = \frac{13028,804 \text{ kgm}}{2,5 \text{ m}}$$

$$VD = 5211,522 \text{ kg } (\uparrow)$$

$$VB = Q - VD$$

$$= 9802,64 \text{ kg} - 5211,522 \text{ kg}$$

$$= 4591,12 \text{ kg } (\uparrow)$$

Batang BC

$$\Sigma M_B = 0 \text{ (dimisalkan arah VC } \uparrow)$$

$$(-VC \times L) + \left(\frac{1}{2} \times q \times L^2\right) + M_{bc} = 0$$

$$(-VC \times 2,5 \text{ m}) + \left(\frac{1}{2} \times 3921,06 \text{ kg/m} \times (2,5 \text{ m})^2\right) + (775,50 \text{ kgm}) = 0$$

$$VC \times 2,5 \text{ m} = 12253,3 \text{ kgm} + 2110,76 \text{ kgm}$$

$$VC = \frac{14364,06 \text{ kgm}}{2,5 \text{ m}}$$

$$VC = 5745,623 \text{ kg } (\uparrow)$$

$$VB = Q - VC$$

$$= 9802,64 \text{ kg} - 5745,623 \text{ kg}$$

$$= 4057,02 \text{ kg } (\uparrow)$$

Mencari Momen Maksimal

Batang BD

$$\sin \alpha = \frac{2 \text{ m}}{3,2 \text{ m}} = 0,625$$

$$\alpha = \arcsin(0,625) = 38,68^\circ$$

$$\cos \alpha = \frac{2 \text{ m}}{3,2 \text{ m}} = 0,625$$

$$\alpha = \arccos(0,625) = 51,32^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{N DB} &= -\text{VD} \times \sin (38,68^\circ) \\ &= -5211,522 \text{ kg} \times \sin (38,68^\circ) \\ &= -4330,732 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{D DB} &= \text{VD} \times \cos (51,32^\circ) \\ &= 5211,522 \text{ kg} \times \cos (51,32^\circ) \\ &= 2572,65 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{D BD} &= \text{VB} \times \cos (51,32^\circ) \\ &= 4591,12 \text{ kg} \times \cos (51,32^\circ) \\ &= 2266,39 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dx} &= 0 \quad (\text{titik D dianggap } 0) \\ \text{VB} \times \cos (51,32^\circ) - 3921,06 \text{ kg/m} \times (X) &= 0 \\ X &= \frac{4591,12 \text{ kg} \times \cos(51,32^\circ)}{3921,06 \text{ kg/m}} = 0,58 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{M max} &= (\text{VB} \times \cos (51,32^\circ) \times (X)) - \\ &\quad \left(\frac{1}{2} \times 3921,06 \text{ kg/m} \times (X)^2 \right) - \text{Mbd} + \text{Mdb} \\ &= (4591,12 \text{ kg} \times \cos (51,32^\circ) \times 0,58 \text{ m}) - \\ &\quad \left(\left(\frac{1}{2} \times 3921,06 \text{ kg/m} \times (0,58 \text{ m})^2 \right) - \right. \\ &\quad \left. 775,50 \text{ kgm} + (-2675,57 \text{ kgm}) \right) \\ &= -2796,083 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Batang BC

$$\sin \alpha = \frac{2 \text{ m}}{3,2 \text{ m}} = 0,625$$

$$\alpha = \arcsin(0,625) = 38,68^\circ$$

$$\cos \alpha = \frac{2 \text{ m}}{3,2 \text{ m}} = 0,625$$

$$\alpha = \arccos(0,625) = 51,32^\circ$$

$$\begin{aligned} N_{CB} &= -VC \times \sin(38,68^\circ) \\ &= -5745,623 \text{ kg} \times \sin(38,68^\circ) \\ &= -4774,565 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{CB} &= VC \times \cos(51,32^\circ) \\ &= 5745,623 \text{ kg} \times \cos(51,32^\circ) \\ &= 2836,312 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{BC} &= VB \times \cos(51,32^\circ) \\ &= 4057,02 \text{ kg} \times \cos(51,32^\circ) \\ &= 2002,736 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$D_x = 0 \quad (\text{titik D dianggap } 0)$$

$$VB \times \cos(51,32^\circ) - 3921,06 \text{ kg/m} \times (X) = 0$$

$$X = \frac{4057,02 \text{ kg} \times \cos(51,32^\circ)}{3921,06 \text{ kg/m}} = 0,51 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= (VB \times \cos(51,32^\circ) \times (X)) - \\ &\quad \left(\frac{1}{2} \times 3921,06 \text{ kg/m} \times (X)^2 \right) - M_{bc} \\ &= (4057,02 \text{ kg} \times \cos(51,32^\circ) \times 0,51 \text{ m}) - \\ &\quad \left(\left(\frac{1}{2} \times 3921,06 \text{ kg/m} \times (0,51 \text{ m})^2 \right) - 2110,76 \right. \\ &\quad \left. \text{kgm} \right) \\ &= -1599,294 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Jadi,

Momen tumpuan B	= 2886,26 kgm
Momen tumpuan D	= 2675,57 kgm
Momen max tangga BD	= 2796,083 kgm
Momen max tangga BC	= 1599,294 kgm
Maka diambil momen tangga	= 2796,083 kgm
Maka diambil momen bordes	= 2886,26 kgm

Output SAP	
Tangga kecil	= 2044,86 kgm
Tangga utama kecil	= 2358,74 kgm
Tangga utama besar	= 2551,25 kgm

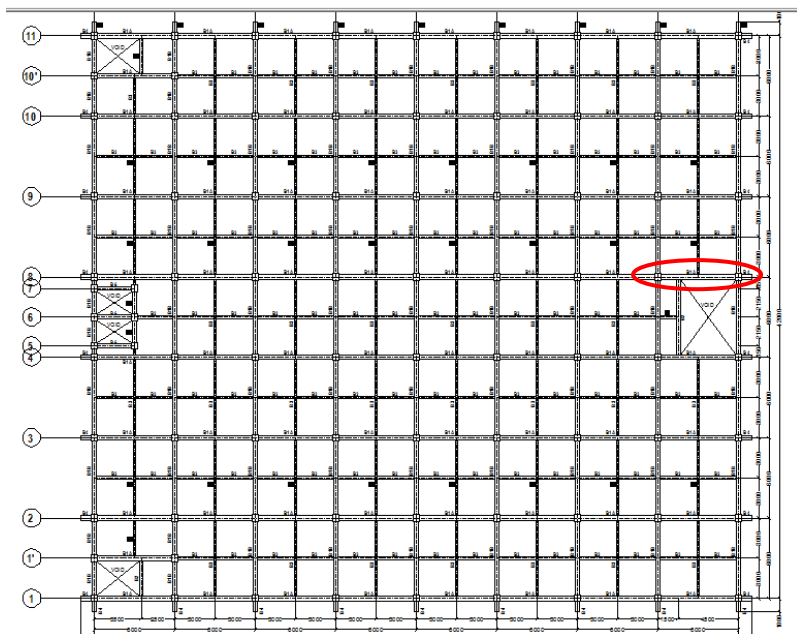
Dari nilai-nilai di atas maka diketahui bahwa :

Momen tangga perhitungan cross	= 2796,083 kgm
Momen tangga dari output SAP	= 2044,86 kgm

Tetapi, untuk menghitung perhitungan penulangan pelat tangga dan bordes, momen yang dipakai yaitu momen yang berasal dari SAP 2000.

4.5 Perhitungan Balok Induk

Perhitungan tulangan balok B1A (35×55) cm AS 8/H-I pada elevasi $\pm 4,5$ m. Berikut ini adalah data perencanaan balok berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.



Gambar 4.14 : Denah Balok yang Ditinjau pada Lantai 2, Tipe Balok B1A

4.5.1 Data Perencanaan

Tipe balok	: Balok Induk Mem 35/55 Lt.2
Frame	: 2111
Lokasi	: AS 8 (H-I)
Bentang balok	: 6000 mm
Dimensi balok (b balok)	: 350 mm
Dimensi balok (h balok)	: 550 mm
Kuat tekan beton (f_c')	: 25 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	: 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt})	: 400 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 19 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 10 mm

Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir) : 16 mm

Persyaratan Desain

Jarak spasi tulangan sejajar minimum : 25 mm

(SNI 2847-2013 Pasal 7.6.1)

Jarak spasi tulangan antar lapis : 25 mm

(SNI 2847-2013 Pasal 7.6.2)

Tebal selimut beton (t decking) : 40 mm

(SNI 2847-2013 Pasal 7.7.(c))

Faktor β_1 : 0,85

(SNI 2847-2013 Pasal 10.2.7.3)

Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9

(SNI 2847-2013 Pasal 9.3.2.1)

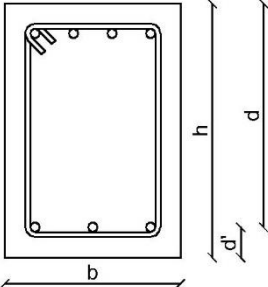
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75

(SNI 2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) : 0,75

(SNI 2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Maka, perhitungan tinggi efektif balok :



$$d = h - \text{decking} - D_{\text{sengkan}} - \frac{1}{2} D_{\text{tul lentur}}$$

$$d = 550 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \times 19$$

$$d = 490,5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$d' = 59,5 \text{ mm}$$

Hasil Output SAP 2000

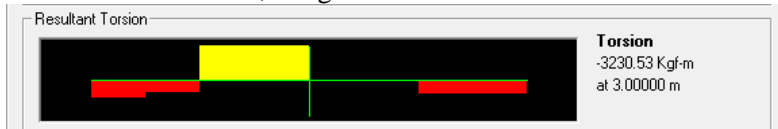
Dalam perhitungan balok didapatkan gaya dalam dan diagram gaya dari analisa program SAP 2000 yang memodelkan stuktur bangunan yang ditinjau. Pada hasil output analisa SAP 2000 digunakan data yang menunjukkan analisa gaya terbesar

dari semua frame balok pada stuktur bangunan, sehingga didapatkan pada frame 2111 pemodelan SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan $1,2D + 1L + 0,3Ex + 0,3Ey$ dan berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000 :

Hasil Output Torsi

Kombinasi : $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$

Momen Puntir: $-3230,53 \text{ kgm} = -32305300 \text{ Nmm}$

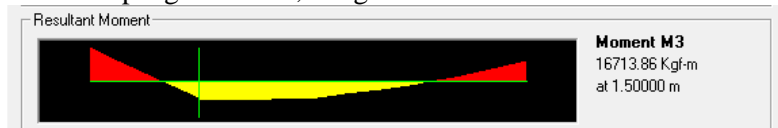


Gambar 4.15 : Hasil Output SAP 2000 Gaya Torsi

Hasil Output Diagram Momen Lentur

Kombinasi : $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$

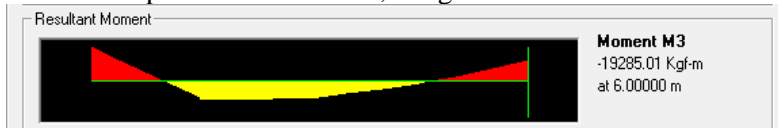
Momen lapangan: $16713,86 \text{ kgm} = 167138600 \text{ Nmm}$



Gambar 4.16 : Hasil Output SAP 2000 Momen Lapangan

Kombinasi : $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$

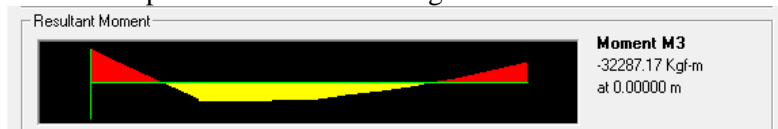
Momen tumpuan kanan: $-19285,01 \text{ kgm} = -192850100 \text{ Nmm}$



Gambar 4.17: Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan Kanan

Kombinasi : $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$

Momen tumpuan kiri : $-32287,17 \text{ kgm} = -322871700 \text{ Nmm}$



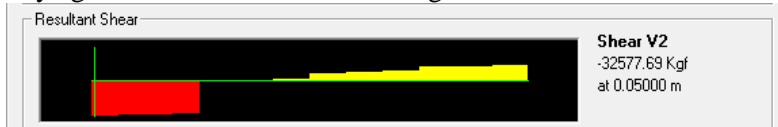
Gambar 4.18: Hasil output SAP 2000 Momen Tumpuan Kiri

Hasil Output Diagram Gaya Geser

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat beban kombinasi 1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey didapatkan gaya geser terfaktor dengan V_u diambil tepat dari muka kolom sejauh 50 mm dari as kolom berdasarkan (SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2)

Kombinasi : 1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey

Gaya geser V_u : -32577,69 kg = -325776,9 N



Gambar 4.19 : Hasil output SAP 2000 Gaya Geser Muka Kolom

Periksa Kecukupan Dimensi terhadap Beban Geser, Lentur, dan Puntir Balok Induk Memanjang 35/55 Lantai 2 :

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 350 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 192500 \text{ mm}^2$$

Perimeter luar irisan penampang beton A_{cp} :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (350 \text{ mm} + 550 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1800 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (350 - 80 - 10) \times (550 - 80 - 10)$$

$$A_{oh} = 112500 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_h = 2 \times [(b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_h = 2 \times [(350 - 80 - 10) + (550 - 80 - 10)]$$

$$P_h = 1400 \text{ mm}$$

4.5.2 Perhitungan Penulangan Puntir

Untuk Penampang Solid :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{1,7 A^2_{oh}}\right)^2} \leq \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c}\right)$$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.1(a))

$$2,832 \leq 3,138 \text{ (Memenuhi)}$$

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi : $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$

$$T_u = 32305300 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$: T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.5)

$$T_n = 22826266,67 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$T_{min} = \phi \times 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.1 (a))

$$T_{min} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times 5 \times 20586805,6$$

$$T_{min} = 6407643,2 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u diambil sebesar :

$$T_{max} = \phi \times 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.2.2 (a))

$$T_{max} = 0,75 \times 0,33 \times 5 \times 20586805,6$$

$$T_{max} = 25476172 \text{ Nmm}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir :

Syarat :

$Tu_{min} > Tu \rightarrow$ tidak memerlukan tulangan puntir

$Tu_{min} < Tu \rightarrow$ memerlukan tulangan puntir

$$Tu_{min} < Tu$$

$$6407643,2 < 32305300 \rightarrow \text{memerlukan tulangan puntir}$$

Tulangan Puntir untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_h \times \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \times \cot^2 \phi$$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.7)

Dengan $\frac{A_t}{s}$ dihitung sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yt}}{s} \times \cot \phi$$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.6)

$$\phi = 45^\circ (\text{Untuk beton non prategang})$$

$$\cot \phi = 0,617$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times f_{yt} \times \cot \phi}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,775 \text{ mm}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$Al_{perlu} = \frac{A_t}{s} \times P_h \times \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \times cot^2 \phi$$

$$Al_{perlu} = 0,775 \times 1400 \times 1 \times 0,381$$

$$Al_{perlu} = 413,660 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} > \frac{0,175b}{f_{yt}}$$

$$0,775 > 0,153 \text{ (memenuhi)}$$

Maka nilai A_t/s diambil = 0.775 mm

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan :

$$Al_{min} = \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} \times P_h \times \frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$Al_{min} = 1010,625 - 0,775 \times 1400 \times 1$$

$$Al_{min} = -74,682 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$Al_{perlu} \leq Al_{min} \rightarrow \text{maka gunakan } Al_{min}$$

$$Al_{perlu} \geq Al_{min} \rightarrow \text{maka gunakan } Al_{perlu}$$

$$Al_{perlu} \geq Al_{min}$$

$$413,660 \geq -74,682 \rightarrow \text{maka gunakan } Al_{perlu}$$

Maka luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{Al}{4} = \frac{413,660}{4} = 103,415 \text{ mm}^2$$

Penyebaran tulangan puntir dibagikan pada setiap sisi penampang balok :

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Direncanakan tulangan D16.

Maka masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan

luasan tulangan puntir sebesar $\frac{1}{2} Al = 206,830 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$n = \frac{\frac{1}{2} Al}{\text{Luas tul puntir}}$$

$$n = \frac{206,830}{201,062}$$

$$n = 1,03 \approx 2 \text{ buah}$$

Kontrol Al pasang > Al perlu

$$Al_{pasang} = n_{pasang} \times \text{luasan } D_{puntir}$$

$$Al_{pasang} = 2 \times 201,062$$

$$Al_{pasang} = 402,124 \text{ mm}^2$$

Syarat : $Al_{pasang} > Al \text{ perlu}$

$$402,124 > 206,830 \text{ (Memenuhi)}$$

Sehingga dipasang tulangan puntir 2D16 di tumpuan kiri, lapangan, dan tumpuan kanan.

4.5.3 Perhitungan Penulangan Lentur

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

Garis netral dalam kondisi balance :

$$X_b = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d$$

$$X_b = \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 490,5$$

$$X_b = 294,3 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum :

$$X_{maks} = 0,75 \times X_b$$

$$X_{maks} = 0,75 \times 294,3$$

$$X_{maks} = 220,7 \text{ mm}$$

Garis netral minimum :

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 59,5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$Cc' = 0,85 \times 25 \times 350 \times 0,85 \times 150$$

$$Cc' = 948281 \text{ N}$$

Luas tulangan tarik

$$A_{sc} = \frac{Cc'}{f_y}$$

$$A_{sc} = 2370,703 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(\frac{d - \beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 404679023,44 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1/4}{f_y} = \frac{0,25}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta}{f_y} + \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) = 0,0271$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{maks} = 0,0203$$

a. Daerah Tumpuan Kanan

Momen lentur nominal (Mn)

$$M_u = 192850100 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = 214277889 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = -190401135 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{ns} > 0 \rightarrow \text{maka perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0 \rightarrow \text{maka tidak perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0$$

$$-190401135 \leq 0$$

\rightarrow tidak memerlukan tulangan lentur tekan

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan lentur tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{194857333,3 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times 240590,25 \text{ mm}^2} = 2,545 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 18,824 \cdot 2,545}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0068$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$$0,0035 < 0,0068 < 0,0203 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\rho_{perlu} = 0,0068$$

Luasan perlu (As perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 1166,774 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar

$$A_t = 103,415 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik + luasan tulangan puntir

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s + A_t$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 1166,774 + 103,415$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 1270,189 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik

Menggunakan tulangan D19 $A_s = 283,529 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\frac{\text{Luas tul lentur}}{1270,189}}$$

$$n = \frac{1270,189}{283,529}$$

$$n = 4,48 \approx 8 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 8 \times 283,529$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 2268,230 \text{ mm}^2$$

Syarat:

$$A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$$

$$2268,230 > 1270,189 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.1, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$A'_{s \text{ perlu}} = 0,3 \times A_{s \text{ perlu}}$$

$$A'_{s \text{ perlu}} = 680,469 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan

$$n = \frac{A_{s' \text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{680,469}{283,529}$$

$$n = 2,4 \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 3 \times 283,529$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 850,586 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$$

$$850,586 > 680,469 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{tarik}} = \frac{b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{tarik}} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (8 \times 19)}{8 - 1}$$

$$S_{\text{tarik}} = 14 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$14 \leq 25 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi, maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis.

Kontrol Tulangan Tarik Lapis 1 (6 buah)

$$S_{tarik} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tarik} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (6 \times 19)}{6 - 1}$$

$$S_{tarik} = 27,2 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$27,2 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan Tarik Lapis 2 (2 buah)

$$S_{tarik} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tarik} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 19)}{2 - 1}$$

$$S_{tarik} = 212 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$212 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{tekan} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tekan} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 19)}{3 - 1}$$

$$S_{tekan} = 96,50 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$96,50 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur

Untuk kekuatan lentur pada balok boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua

muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut. M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times M$ lentur tumpuan (-).

SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.(1)

Pengecekan sesuai peraturan tersebut dilakukan dengan meninjau pada tulangan pasang rencana

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 8 \times 283,529$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 2268,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 3 \times 283,529$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 850,6 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$850,6 \geq \frac{1}{3} \times 2268,2$$

$$850,929 \geq 756,08 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$A_{s \text{ pakai tulangan tarik}} = 8D19 = 2268,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ pakai tulangan tekan}} = 3D19 = 850,6 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_{s \text{ tulangan tarik}} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{2268,2 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350}$$

$$a = 121,989 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 121,989 \text{ mm}$$

$$= 907291,958 \text{ N}$$

$$Cs' = A_{s \text{ pakai}} \times f_y$$

$$= 2268,2 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 907291,958 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left(907291,958 \text{ N} \times \left(490,5 \text{ mm} - \frac{121,989 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\ &\quad + (907291,958 \text{ N} \times (490,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm})) \\ &= 780729795,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_{n \text{ perlu}} = M_n$$

$$M_{n \text{ perlu}} = 214277889 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{n \text{ pasang}} > M_{n \text{ perlu}}$$

$$780729795,2 > 194857333,3 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok induk memanjang 35/55 lt.2 untuk daerah tumpuan kanan adalah sebagai berikut :

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis

Lapis 1 = 6 D 19

Lapis 2 = 2 D 19

Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 3 D 19

b. Daerah Tumpuan Kiri

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 322871700 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = 358746333,33 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = -45932690 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$

$-45932690 \leq 0$

\rightarrow tidak memerlukan tulangan lentur tekan

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan lentur tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{358746333,33 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times 240590,25 \text{ mm}^2} = 4,260 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 18,824 \cdot 4,260}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0120$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$$0,0035 < 0,0120 < 0,0203 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\rho_{perlu} = 0,0120$$

Luasan perlu (As perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 2061,447 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar

$$A_t = 103,415 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik + luasan tulangan puntir

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s + A_t$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 2061,447 + 103,415$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 2164,862 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik

Menggunakan tulangan D19 $A_s = 283,529 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{2164,862}{283,529}$$

$$n = 7,64 \approx 8 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 8 \times 283,529$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 2268,830 \text{ mm}^2$$

Syarat:

$$A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$$

$$2268,830 > 2164,862 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (A_s') Tulangan Lentur Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.1, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$A_{s' \text{ perlu}} = 0,3 \times A_{s \text{ perlu}}$$

$$A_{s' \text{ perlu}} = 680,469 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan

$$n = \frac{A_{s' \text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{680,469}{283,529}$$

$$n = 2,4 \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang

$$A_s \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_s \text{ pasang} = 3 \times 283,529$$

$$A_s \text{ pasang} = 850,586 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$850,586 > 680,469 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{tarik}} = \frac{b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{tarik}} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (8 \times 19)}{8 - 1}$$

$$S_{\text{tarik}} = 14 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$14 \leq 25 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi, maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis.

Kontrol Tulangan Tarik Lapis 1 (6 buah)

$$S_{\text{tarik}} = \frac{b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{tarik}} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (6 \times 19)}{6 - 1}$$

$$S_{\text{tarik}} = 27,2 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$27,2 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan Tarik Lapis 2 (2 buah)

$$S_{tarik} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tarik} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 19)}{2 - 1}$$

$$S_{tarik} = 212 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$212 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{tekan} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tekan} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 19)}{3 - 1}$$

$$S_{tekan} = 96,50 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$96,50 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur

Untuk kekuatan lentur pada balok boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut. $M_{lentur \text{ tumpuan (+)}} \geq 1/3 \times M_{lentur \text{ tumpuan (-)}}$.

SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.(1)

Pengecekan sesuai peraturan tersebut dilakukan dengan meninjau pada tulangan pasang rencana

$$A_s \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luas} \text{ } D_{lentur}$$

$$A_s \text{ pasang} = 8 \times 283,529$$

$$A_s \text{ pasang} = 2268,2 \text{ mm}^2$$

$$A_s'_{pasang} = n_{pasang} \times \text{luasan } D_{lentur}$$

$$A_s'_{pasang} = 3 \times 283,529$$

$$A_s'_{pasang} = 850,6 \text{ mm}^2$$

$$M_{lentur \text{ tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}(-)}$$

$$850,6 \geq \frac{1}{3} \times 2268,2$$

$$850,929 \geq 756,08 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ pakai tulangan tarik} = 8D19 = 2268,2 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{2268,2 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350}$$

$$a = 121,989 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\ &= 0,85 \times 200 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 121,989 \text{ mm} \\ &= 907291,958 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{s \text{ pakai}} \times f_y \\ &= 2268,2 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 907291,958 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left(907291,958 \text{ N} \times \left(490,5 \text{ mm} - \frac{121,989 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\ &\quad + (907291,958 \text{ N} \times (490,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm})) \\ &= 780729795,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_{n \text{ perlu}} = M_n$$

$$M_{n \text{ perlu}} = 358746333,33 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{n \text{ pasang}} > M_{n \text{ perlu}}$$

$$780729795,2 > 358746333,33 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok induk memanjang 35/55 lt.2 untuk daerah tumpuan kiri adalah sebagai berikut :

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis

Lapis 1 = 6 D 19

Lapis 2 = 2 D 19

Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 3 D 19

c. Daerah Lapangan

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 167138600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = 185709556 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = -218969468 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{ns} > 0 \rightarrow \text{maka perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0 \rightarrow \text{maka tidak perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0$$

$$-218969468 \leq 0$$

\rightarrow tidak memerlukan tulangan lentur tekan

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan lentur tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{185709556 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times 240590,25 \text{ mm}^2} = 2,205 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 18,824 \cdot 2,205}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0058$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$$0,0035 < 0,0058 < 0,0203 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\rho_{perlu} = 0,0058$$

Luasan perlu (As perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 1001,522 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar

$$A_t = 103,415 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik + luasan tulangan puntir

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s + A_t$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 1001,522 + 103,415$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 1104,937 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik

Menggunakan tulangan D19 $A_s = 283,529 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{1104,937}{283,529}$$

$$n = 3,90 \approx 4 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 4 \times 283,529$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 1134,115 \text{ mm}^2$$

Syarat:

$$A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$$

$$1134,115 > 1104,937 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (A_s') Tulangan Lentur Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.1, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$A_{s' \text{ perlu}} = 0,3 \times A_{s \text{ perlu}}$$

$$A_{s' \text{ perlu}} = 340,23 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan

$$n = \frac{A_{s' \text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{340,23}{283,529}$$

$$n = 1,20 \approx 2 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 2 \times 283,529$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 567,06 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$$

$$567,06 > 340,23 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{tarik} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tarik} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{4 - 1}$$

$$S_{tarik} = 58 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$58 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{tekan} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tekan} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 19)}{2 - 1}$$

$$S_{tekan} = 212 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$212 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur

Untuk kekuatan lentur pada balok boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut. M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times M$ lentur tumpuan (-).

SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.(1)

Pengecekan sesuai peraturan tersebut dilakukan dengan meninjau pada tulangan pasang rencana :

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 4 \times 283,529$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 1134,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 2 \times 283,529$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 567,1 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$567,1 \geq \frac{1}{3} \times 1134,1$$

$$567,1 \geq 378,04 (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$A_{s \text{ pakai tulangan tarik}} = 4D19 = 1134,1 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_{s \text{ tulangan tarik}} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1134,1 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350}$$

$$a = 60,994 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 60,994 \text{ mm}$$

$$= 453645,9792 \text{ N}$$

$$Cs' = A_{s \text{ pakai}} \times f_y$$

$$= 1134,1 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 453645,9792 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(453645,9792 \text{ N} \times \left(490,5 \text{ mm} - \frac{60,994 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (453645,9792 \text{ N} \times (490,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm})) \\
 &= 404199834 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_{n \text{ perlu}} = M_n$$

$$M_{n \text{ perlu}} = 185709556 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{n \text{ pasang}} > M_{n \text{ perlu}}$$

$$404199834 > 185709556 \text{ (Memenuhi)}$$

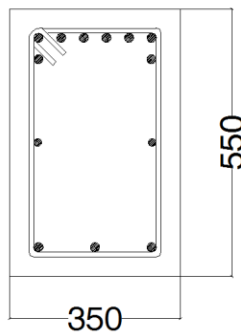
Maka dipasang tulangan lentur balok induk memanjang 35/55
lt.2 untuk daerah lapangan adalah sebagai berikut :

Tulangan lentur tarik susun 1 lapis

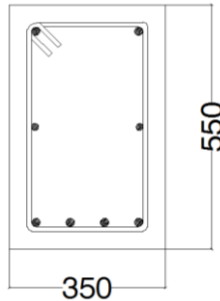
Lapis 1 = 4 D 19

Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 2 D 19



Gambar 4.20 : Kebutuhan Tulangan Tumpuan Balok B1A



Gambar 4.21 : Kebutuhan Tulangan Lapangan Balok B1A

4.5.4 Perhitungan Penulangan Geser

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$\text{As pasang tulangan tarik} = 8 \text{ D } 19 = 2268,230 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pasang tulangan tekan} = 3 \text{ D } 19 = 850,586 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{2268,230 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350}$$

$$a = 121,99 \text{ mm}$$

$$M_{nL} = A_s \text{ tul tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nL} = 2268,230 \times 400 \times \left(490,5 - \frac{121,99}{2}\right)$$

$$M_{nL} = 389686961,19 \text{ Nmm}$$

Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$\text{As pasang tulangan tarik} = 8 \text{ D } 19 = 2268,230 \text{ mm}^2$$

As pasang tulangan tekan = 3 D 19 = 850,586 mm²

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tekan} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{850,586 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350}$$

$$a = 45,75 \text{ mm}$$

$$M_{nR} = A_s \text{ tul tekan} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

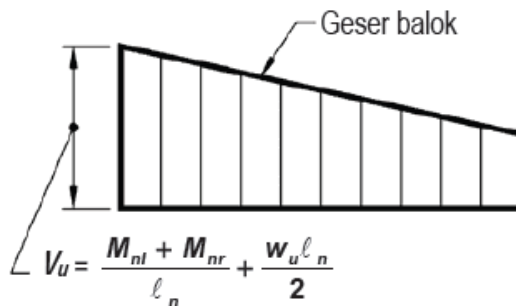
$$M_{nR} = 850,586 \times 400 \times \left(540,5 - \frac{45,75}{2}\right)$$

$$M_{nR} = 159102863,04 \text{ Nmm}$$

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat dari 1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey Analisa SAP2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor (V_u) = 325776,9 N

Pembagian Wilayah Geser Balok



Gambar 4.22 : Perencanaan Geser untuk Balok SRPMM

Dalam perhitungan tulangan geser (sengkang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (SNI 2847:2013 Pasal 21.3)

- Wilayah 2 (daerah lapangan) , dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok.

Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa (SNI 2847:2013).

$$\sqrt{f_c'} < \frac{25}{3}$$

$$5 < 8,333 \text{ (Memenuhi)}$$

Kuat Geser Beton (SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_c = 0,17 \times 1 \times 25 \times 350 \times 490,5$$

$$V_c = 145923,75 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 350 \text{ mm} \times 490,5 \text{ mm}$$

$$= 57225 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 350 \text{ mm} \times 490,5 \text{ mm}$$

$$= 286125 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 350 \text{ mm} \times 490,5 \text{ mm}$$

$$= 572250 \text{ N}$$

Penulangan Geser Balok

1. Pada Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)
(SNI 2847:2013 Pasal 21.3)

$$V_{u1} = \left(\frac{M_{nL} + M_{nR}}{L_n} \right) + \left(\frac{W_u + L_n}{2} \right)$$

$$V_{u1} = \left(\frac{M_{nL} + M_{nR}}{L_n} \right) + V_u$$

$$V_{u1} = \left(\frac{389686961,19 \text{ Nmm} + 159102863,04 \text{ Nmm}}{5650 \text{ mm}} \right) + 325776,9 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 422907,84 \text{ N}$$

Penulangan Geser Balok

a. Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 422907,84 \text{ N}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$422907,84 \text{ N} \leq 54721,406 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$54721,406 \text{ N} \leq 422907,84 \text{ N} \leq 109442,81 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 3

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$109442,81 \text{ N} \leq 422907,84 \text{ N} \leq 152361,56 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 4

$$\phi(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{max}}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$152361,56 \text{ N} \leq 422907,84 \text{ N} \leq 324036,56 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 5

$$\phi(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{max}}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$324036,56 \text{ N} \leq 422907,84 \text{ N} \leq 538630,313 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Berdasarkan analisis termasuk dalam kondisi 5 maka selanjutnya perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Kondisi 5

Mebutuhkan tulangan geser

$$V_s = \frac{(V_{u1} - \phi V_c)}{\phi}$$

$$V_s = \frac{(422907,84 - 54721,406)}{0,75}$$

$$V_s = 417953,37 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser diameter 10 mm dengan jumlah kaki 2

$$n_{kaki} = 2$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times d^2 \times n_{kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 10^2 \times 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{S_{perlu}}}$$

$$= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \times \frac{240 \text{ N}}{\text{mm}^2} \times 490,5 \text{ mm}}{417953,37 \text{ N}}$$

$$= 44,2 \text{ mm, dipakai } 100 \text{ mm}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 5

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.2})$$

$$100 \text{ mm} \leq \frac{490,5 \text{ mm}}{2}$$

$$100 \text{ mm} \leq 245,25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{max} \leq 300$$

$$100 \text{ mm} \leq 300 \quad (\text{memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- $d/4$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan

- $S_{pakai} < d/4$
100 mm < 122,6 mm (memenuhi persyaratan)
- $S_{pakai} < 8 \times D \text{ lentur}$
100 mm < 152 mm (memenuhi persyaratan)
- $S_{pakai} < 24 \times D \text{ sengkang}$
100 mm < 240 mm (memenuhi persyaratan)
- $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
100 mm < 300 mm (memenuhi persyaratan)

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$ untuk daerah tumpuan.

b. Pada Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3)

$$\begin{aligned} \frac{V_{u2}}{0,5L_n - 2h} &= \frac{V_{u1}}{0,5 L_n} \\ V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times 0,5 L_n - 2h}{0,5 L_n} \\ V_{u2} &= \frac{422907,84 \times (0,5 \times 5650 - 2 \times 550)}{0,5 \times 5650} \\ V_{u2} &= 258235,762 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$258235,762 \text{ N} \leq 54721,406 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$54721,406 \text{ N} \leq 258235,762 \text{ N} \leq 109442,81 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$109442,81 \text{ N} \leq 258235,762 \text{ N} \leq 152361,56 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 4

$$\emptyset (V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{max}}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$152361,56 \text{ N} \leq 258235,762 \text{ N} \leq 324036,56 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi Geser 5

$$\emptyset (V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_{s_{max}}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$324036,56 \text{ N} \leq 258235,762 \text{ N} \leq 538630,313 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Berdasarkan analisis termasuk dalam kondisi 4 maka selanjutnya perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Kondisi 4

Membutuhkan tulangan geser

$$V_s = \frac{(V_{u2} - \emptyset V_c)}{\emptyset}$$

$$V_s = \frac{(258235,762 - 54721,406)}{0,75}$$

$$V_s = 198390,60 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser diameter 10 mm dengan jumlah kaki 2

$$\begin{aligned}
 n_{kaki} &= 2 \\
 A_v &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times d^2 \times n_{kaki} \\
 A_v &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 10^2 \times 2 \\
 A_v &= 157,08 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$\begin{aligned}
 S_{perlu} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{S_{perlu}}} \\
 &= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \times \frac{240 \text{ N}}{\text{mm}^2} \times 490,5 \text{ mm}}{198390,60 \text{ N}} \\
 &= 93,2 \text{ mm, dipakai } 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- Sengkang harus dispasikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang balok (lapangan)

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(3))

Cek persyaratan

- $S_{pakai} < d/2$

$$150 \text{ mm} < 265 \text{ mm (memenuhi persyaratan)}$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$ untuk daerah lapangan.

4.5.5 Panjang Penyaluran

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik di hitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm untuk batang tulangan D19 dan yang lebih kecil

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

- l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik
- d_b = Diameter tulangan
- Ψ_t = faktor lokasi penulangan = 1
- Ψ_e = Faktor pelapis = 1
- λ = Faktor digunakan agegat normal 1

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{25}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 724 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$$

syarat : $l_d > 300 \text{ mm} \rightarrow 724 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ (memenuhi)

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik adalah 750 mm = 0,75 m

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm, dan diambil dari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \text{ dan } l_{dc} = 0,043 f_y \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.3.1)

Dimana :

- l_{dc} = Panjang penyaluran tulangan kondisi tekan
- d_b = Diameter tulangan

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 364,8 \text{ mm} \quad \dots \dots \text{Persamaan 1}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 326,8 \text{ mm} \quad \dots \dots \dots \text{Persamaan 2}$$

Maka yang diambil adalah persamaan 1 dengan nilai l_d 364,8 mm = 400 mm

syarat : $l_{dc} > 200 \text{ mm} \rightarrow 364,8 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$ (memenuhi)

Maka untuk panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan adalah 400 mm = 0,4 m

$$\text{Panjang kait} = 4d_b + 4d_b = 152 \text{ mm} = 160 \text{ mm}$$

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 8db dan 150 mm.

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.5.1)

Dimana :

l_{dh} = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$
$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$l_{dh} = 364,8 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$

syarat :

- $l_{dh} > 150 \text{ mm} \rightarrow 364,8 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$ (memenuhi)
- $l_{dh} > 8d_b \text{ mm} \rightarrow 364,8 \text{ mm} > 152 \text{ mm}$ (memenuhi)

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah 400 mm = 0,4 m.

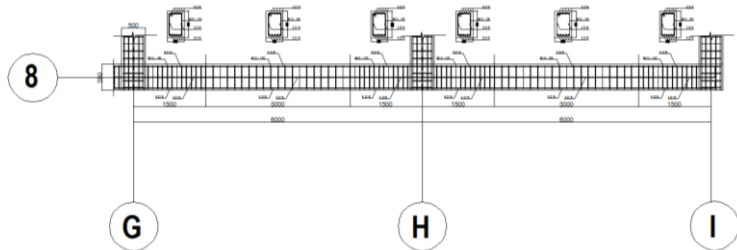
Diujung balok, tulangan harus masuk ke dalam kolom eksterior sejauh l_{dh} dan dibentuk kait 90° diujungnya. Panjang kait dibuat tidak kurang dari 12db.

$12db = 12 \times 19 = 228 \text{ mm} = 250 \text{ mm}$

4.5.6 Gambar Penulangan

TYPE	B1A		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LANTAI			
LANTAI 2			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	8 D19	2 D19	8 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D19	4 D19	3 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm

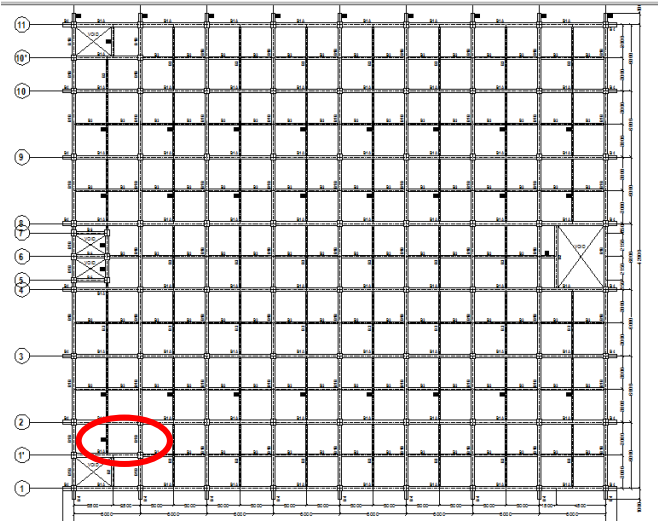
Gambar 4.23 : Detail Tulangan Balok B1A pada Lantai 2



Gambar 4.24 : Detail Penulangan Balok B1A 8/G-I pada Lantai 2

4.6 Perhitungan Balok Anak

Perhitungan tulangan balok B3 (20×30) cm AS 1’/B-C pada elevasi ± 4,5 m. Berikut ini adalah data perencanaan balok berdasarkan gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.



Gambar 4.25 : Denah Balok yang Ditinjau pada Lantai 2, Tipe Balok B3

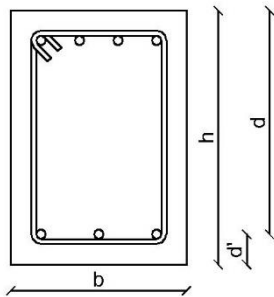
4.6.1 Data Perencanaan

Tipe balok	: Balok Anak 20/30 Lt.2
Frame	: 2202
Lokasi	: AS 1' (B-C)
Bentang balok	: 6000 mm
Dimensi balok (b balok)	: 200 mm
Dimensi balok (h balok)	: 300 mm
Kuat tekan beton (f_c')	: 25 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	: 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt})	: 400 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 16 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 8 mm
Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir)	: 10 mm

Persyaratan Desain

Jarak spasi tulangan sejajar minimum (<i>SNI 2847-2013 Pasal 7.6.1</i>)	: 25 mm
Jarak spasi tulangan antar lapis (<i>SNI 2847-2013 Pasal 7.6.2</i>)	: 25 mm
Tebal selimut beton (t decking) (<i>SNI 2847-2013 Pasal 7.7.(c)</i>)	: 40 mm
Faktor β_1 (<i>SNI 2847-2013 Pasal 10.2.7.3</i>)	: 0,85
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) (<i>SNI 2847-2013 Pasal 9.3.2.1</i>)	: 0,9
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) (<i>SNI 2847-2013 Pasal 9.3.2.3</i>)	: 0,75
Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) (<i>SNI 2847-2013 Pasal 9.3.2.3</i>)	: 0,75

Maka, perhitungan tinggi efektif balok :



$$d = h - \text{decking} - D_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} D_{\text{tul lentur}}$$

$$d = 300 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \times 16$$

$$d = 244 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$d' = 56 \text{ mm}$$

Hasil Output SAP 2000

Dalam perhitungan balok didapatkan gaya dalam dan diagram gaya dari analisa program SAP 2000 yang memodelkan stuktur bangunan yang ditinjau. Pada hasil output analisa SAP 2000 digunakan data yang menunjukkan analisa gaya terbesar dari semua frame balok pada stuktur bangunan, sehingga didapatkan pada frame 2111 pemodelan SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan 1,2D + 1,6L dan berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000 :

Hasil Output Torsi

Kombinasi : 1,2D + 1,6L

Momen Puntir: -15,44 kgm = -154400 Nmm



Gambar 4.26 : Hasil Output SAP 2000 Gaya Torsi

Hasil Output Diagram Momen Lentur

Kombinasi : 1,2D + 1,6L

Momen lapangan: 2794,08 kgm = 27940800 Nmm



Gambar 4.27 : Hasil Output SAP 2000 Momen Lapangan

Kombinasi : 1,2D + 1,6L

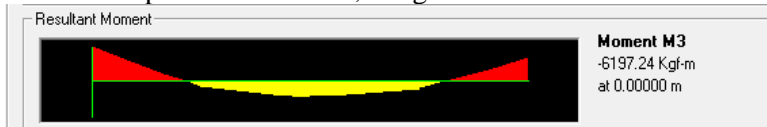
Momen tumpuan kanan: -4240,67 kgm = -42406700 Nmm



Gambar 4.28 : Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan Kanan

Kombinasi : 1,2D + 1,6L

Momen tumpuan kiri : -6197,24 kgm = -61972400 Nmm



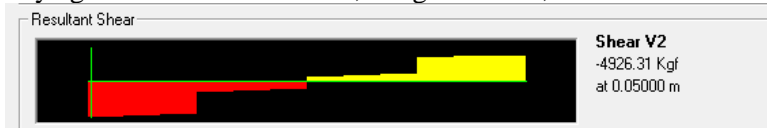
Gambar 4.29 : Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan Kiri

Hasil Output Diagram Gaya Geser

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat beban kombinasi 1,2D + 1,6L didapatkan gaya geser terfaktor dengan V_u diambil tepat dari muka kolom sejarak 50 mm dari as kolom berdasarkan (SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2)

Kombinasi : 1,2D + 1,6L

Gaya geser V_u : -4926,31 kg = -49263,1 N



Gambar 4.30 : Hasil Output SAP 2000 Gaya Geser Muka Kolom

Periksa Kecukupan Dimensi terhadap Beban Geser, Lentur, dan Puntir Balok Anak 20/30 Lantai.2 :

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$\begin{aligned}A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} \\A_{cp} &= 200 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \\A_{cp} &= 60000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Perimeter luar irisan penampang beton A_{cp} :

$$\begin{aligned}P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) \\P_{cp} &= 2 \times (200 \text{ mm} + 300 \text{ mm}) \\P_{cp} &= 1000 \text{ mm}\end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$\begin{aligned}A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) \\A_{oh} &= (200 - 80 - 10) \times (300 - 80 - 10) \\A_{oh} &= 21216 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$\begin{aligned}P_h &= 2 \times [(b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})] \\P_h &= 2 \times [(200 - 80 - 10) + (300 - 80 - 10)] \\P_h &= 616 \text{ mm}\end{aligned}$$

4.6.2 Perhitungan Penulangan Puntir

Untuk Penampang Solid :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{1,7 A^2_{oh}}\right)^2} \leq \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c}\right)$$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.1(a))

$$1,017 \leq 3,138 \text{ (Memenuhi)}$$

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi : $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$

$$T_u = 154400 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$: T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.5)

$$T_n = 205866,67 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$T_{min} = \phi \times 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.1 (a))

$$T_{min} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times 5 \times 3600000$$

$$T_{min} = 1120500 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u diambil sebesar :

$$T_{max} = \phi \times 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.2.2 (a))

$$T_{max} = 0,75 \times 0,33 \times 5 \times 3600000$$

$$T_{max} = 4455000 \text{ Nmm}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir :

Syarat :

$$T_{u_{min}} > T_u \rightarrow \text{tidak memerlukan tulangan puntir}$$

$$T_{u_{min}} < T_u \rightarrow \text{memerlukan tulangan puntir}$$

$$T_{u_{min}} < T_u$$

$$1120500 > 154400 \rightarrow \text{tidak memerlukan tulangan puntir}$$

4.6.3 Perhitungan Penulangan Lentur

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

Garis netral dalam kondisi balance :

$$X_b = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d$$

$$X_b = \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 244$$

$$X_b = 146,4 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum :

$$X_{maks} = 0,75 \times X_b$$

$$X_{maks} = 0,75 \times 294,3$$

$$X_{maks} = 109,8 \text{ mm}$$

Garis netral minimum :

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 56 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 100 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$Cc' = 0,85 \times 25 \times 200 \times 0,85 \times 100$$

$$Cc' = 361250 \text{ N}$$

Luas tulangan tarik

$$A_{sc} = \frac{Cc'}{f_y}$$

$$A_{sc} = 903,125 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(\frac{d - \beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 72791875 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1/4}{f_y} = \frac{0,25}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta}{f_y} + \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) = 0,0271$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{maks} = 0,0203$$

a. Daerah Tumpuan Kanan

Momen lentur nominal (Mn)

$$M_u = 61972 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = 47118556 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = -25673319 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{ns} > 0 \rightarrow \text{maka perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0 \rightarrow \text{maka tidak perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0$$

$$-25673319 \leq 0$$

\rightarrow tidak memerlukan tulangan lentur tekan

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan lentur tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{47118556 \text{ Nmm}}{200 \text{ mm} \times 59536 \text{ mm}^2} = 3,957 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 18,824 \cdot 3,957}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0110$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$$0,0035 < 0,0110 < 0,0203 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\rho_{perlu} = 0,0110$$

Luasan perlu (As perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 538,751 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik

Menggunakan tulangan D16, $A_s = 201,062 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{538,751}{201,062}$$

$$n = 2,68 \approx 5 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 5 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 1005,310 \text{ mm}^2$$

Syarat:

$$A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$$

$$1005,310 > 538,751 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.1, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$A'_{s\text{ perlu}} = 0,3 \times A_{s\text{ perlu}}$$

$$A'_{s\text{ perlu}} = 301,593 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan

$$n = \frac{A'_{s\text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{301,593}{201,062}$$

$$n = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang

$$A_{s\text{ pasang}} = n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s\text{ pasang}} = 2 \times 201,062$$

$$A_{s\text{ pasang}} = 402,124 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s\text{ pasang}} > A_{s\text{ perlu}}$$

$$402,124 > 301,593 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{tarik}} = \frac{b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{tarik}} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 16)}{5 - 1}$$

$$S_{\text{tarik}} = 6 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$6 \leq 25$ (*Tidak Memenuhi*)

Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi, maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis.

Kontrol Tulangan Tarik Lapis 1 (3 buah)

$$S_{tarik} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tarik} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{3 - 1}$$

$$S_{tarik} = 28 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$28 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan Tarik Lapis 2 (2 buah)

$$S_{tarik} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tarik} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1}$$

$$S_{tarik} = 72 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$72 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{tekan} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tekan} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1}$$

$$S_{tekan} = 72 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$72 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur

Untuk kekuatan lentur pada balok boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut. $M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq 1/3 \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$.

SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.(1)

Pengecekan sesuai peraturan tersebut dilakukan dengan meninjau pada tulangan pasang rencana

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luas} D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 5 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 1005,310 \text{ mm}^2$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luas} D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 2 \times 201,062$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$402,124 \geq \frac{1}{3} \times 1005,310$$

$$402,124 \geq 335,10 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$A_{s \text{ pakai tulangan tarik}} = 5D16 = 1005,310 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ pakai tulangan tekan}} = 2D16 = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_{s \text{ tulangan tarik}} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1005,310 \times 400}{0,85 \times 25 \times 200}$$

$$a = 94,617 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\
 &= 0,85 \times 200 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 94,617 \text{ mm} \\
 &= 402123,860 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_{spakai} \times f_y \\
 &= 1005,310 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 402123,860 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\
 &= \left(402123,860 \text{ N} \times \left(244 \text{ mm} - \frac{94,617 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (402123,860 \text{ N} \times (244 \text{ mm} - 56 \text{ mm})) \\
 &= 154693554,6 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_{n \text{ perlu}} = M_n$$

$$M_{n \text{ perlu}} = 47118556 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{n \text{ pasang}} > M_{n \text{ perlu}}$$

$$154693554,6 > 47118556 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok anak 20/30 lantai 2 untuk daerah tumpuan kanan adalah sebagai berikut :

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis

Lapis 1 = 3 D 16

Lapis 2 = 2 D 16

Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 2 D 16

b. Daerah Tumpuan Kiri

Momen lentur nominal (Mn)

$$M_u = 61972400 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = 68858222,22 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = -3933653 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{ns} > 0 \rightarrow \text{maka perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0 \rightarrow \text{maka tidak perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0$$

$$-3933653 \leq 0$$

$$\rightarrow \text{tidak memerlukan tulangan lentur tekan}$$

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan lentur tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{68858222,22 \text{ Nmm}}{200 \text{ mm} \times 59536 \text{ mm}^2} = 5,783 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 18,824 \cdot 5,783}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0173$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$$0,0035 < 0,0173 < 0,0203 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\rho_{perlu} = 0,0173$$

Luasan perlu (As perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 842,368 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik

Menggunakan tulangan D16 $A_s = 201,062 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{842,368}{201,062}$$

$$n = 4,19 \approx 5 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 5 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 1005,310 \text{ mm}^2$$

Syarat:

$$A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$$

$$1005,310 > 842,368 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (A_s') Tulangan Lentur Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.1, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$A'_{s \text{ perlu}} = 0,3 \times A_{s \text{ perlu}}$$

$$A'_{s \text{ perlu}} = 301,59 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan

$$n = \frac{A'_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{301,59}{201,062}$$

$$n = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 2 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 402,12 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$$

$$402,12 > 301,59 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{tarik} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tarik} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 16)}{5 - 1}$$

$$S_{tarik} = 6 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$6 \leq 25 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Karena syarat jarak sejajar antar tulangan pada tulangan lentur tarik belum terpenuhi, maka dipasang tulangan lentur tarik 2 lapis.

Kontrol Tulangan Tarik Lapis 1 (3 buah)

$$S_{tarik} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tarik} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{3 - 1}$$

$$S_{tarik} = 28 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$28 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan Tarik Lapis 2 (2 buah)

$$S_{tarik} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tarik} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1}$$

$$S_{tarik} = 72 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$72 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{tekan} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tekan} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{3 - 1}$$

$$S_{tekan} = 72 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$72 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur

Untuk kekuatan lentur pada balok boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut. M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times M$ lentur tumpuan (-).

SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.(1)

Pengecekan sesuai peraturan tersebut dilakukan dengan meninjau pada tulangan pasang rencana

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luas} \ D_{lentur}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 5 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 1005,3 \text{ mm}^2$$

$$A_s'_{pasang} = n_{pasang} \times \text{luas} D_{lentur}$$

$$A_s'_{pasang} = 2 \times 201,062$$

$$A_s'_{pasang} = 402,01 \text{ mm}^2$$

$$M_{lentur \text{ tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}(-)}$$

$$402,01 \geq \frac{1}{3} \times 1005,3$$

$$402,01 \geq 335,1 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ pakai tulangan tarik} = 5D16 = 1005,3 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1005,3 \times 400}{0,85 \times 25 \times 200}$$

$$a = 94,617 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\ &= 0,85 \times 200 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 94,617 \text{ mm} \\ &= 402123,856 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{s \text{ pakai}} \times f_y \\ &= 1005,3 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 402123,856 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left(402123,860 \text{ N} \times \left(244 \text{ mm} - \frac{94,617 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\ &\quad + (402123,860 \text{ N} \times (244 \text{ mm} - 56 \text{ mm})) \\ &= 154693554,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_{n\text{ perlu}} = M_n$$

$$M_{n\text{ perlu}} = 68858222,22 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{n\text{ pasang}} > M_{n\text{ perlu}}$$

$$154693554,6 > 68858222,22 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok anak 20/30 lantai 2 untuk daerah tumpuan kiri adalah sebagai berikut :

Tulangan lentur tarik susun 2 lapis

Lapis 1 = 3 D 19

Lapis 2 = 2 D 19

Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 2 D 19

c. Daerah Lapangan

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 27490800 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = 30545333 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = -42246542 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{ns} > 0 \rightarrow \text{maka perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0 \rightarrow \text{maka tidak perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0$$

$$-42246542 \leq 0$$

\rightarrow tidak memerlukan tulangan lentur tekan

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan lentur tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{30545333 \text{ Nmm}}{200 \text{ mm} \times 59536 \text{ mm}^2} = 2,565 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 18,824 \cdot 2,565}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0069$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$$0,0035 < 0,0069 < 0,0203 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\rho_{perlu} = 0,0069$$

Luasan perlu (As perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 334,551 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik

Menggunakan tulangan D16 As = 201,062 mm²

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{334,551}{201,062}$$

$$n = 1,66 \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 3 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 603,186 \text{ mm}^2$$

Syarat:

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$603,186 > 334,551 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (A_s') Tulangan Lentur Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.1, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$A_s' \text{ perlu} = 0,3 \times A_s \text{ perlu}$$

$$A_s' \text{ perlu} = 180,96 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan

$$n = \frac{A_s' \text{ perlu}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{180,96}{201,062}$$

$$n = 0,9 \approx 2 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang

$$A_s \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_s \text{ pasang} = 2 \times 201,062$$

$$A_s \text{ pasang} = 402,12 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$402,12 > 180,96 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{tarik}} = \frac{b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{tarik} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{3 - 1}$$

$$S_{tarik} = 28 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$28 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{tekan} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tekan} = \frac{200 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1}$$

$$S_{tekan} = 72 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$72 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur

Untuk kekuatan lentur pada balok boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut. M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times M$ lentur tumpuan (-).

SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.(1)

Pengecekan sesuai peraturan tersebut dilakukan dengan meninjau pada tulangan pasang rencana

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luas} \text{ } D_{lentur}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 3 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 603,186 \text{ mm}^2$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luas} \text{ } D_{lentur}$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 2 \times 201,062$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$402,12 \geq \frac{1}{3} \times 603,186$$

$$402,12 \geq 201,06 (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ pakai tulangan tarik} = 3D19 = 603,186 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1134,1 \times 400}{0,85 \times 25 \times 200}$$

$$a = 56,770 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\ &= 0,85 \times 200 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 56,770 \text{ mm} \\ &= 241274,316 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{s \text{ pakai}} \times f_y \\ &= 603,186 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 241274,316 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left(241274,316 \text{ N} \times \left(244 \text{ mm} - \frac{56,770 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\ &\quad + (241274,316 \text{ N} \times (244 \text{ mm} - 56 \text{ mm})) \\ &= 97381881,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_{n \text{ perlu}} = M_n$$

$$M_{n \text{ perlu}} = 30545333 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{n \text{ pasang}} > M_{n \text{ perlu}}$$

$$97381881,4 > 30545333 \text{ (Memenuhi)}$$

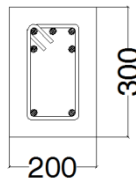
Maka dipasang tulangan lentur balok anak 20/30 lantai.2 untuk daerah lapangan adalah sebagai berikut :

Tulangan lentur tarik susun 1 lapis

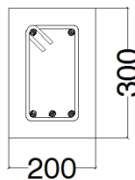
Lapis 1 = 3 D 19

Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 2 D 19



Gambar 4.31 : Kebutuhan Tulangan Tumpuan Balok B3



Gambar 4.32 : Kebutuhan Tulangan Lapangan Balok B3

4.6.4 Perhitungan Penulangan Geser

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

As pasang tulangan tarik = 5 D 19 = 1005,310 mm²

As pasang tulangan tekan = 2 D 19 = 402,124 mm²

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1005,310 \times 400}{0,85 \times 25 \times 200}$$

$$a = 94,62 \text{ mm}$$

$$M_{nL} = A_{s \text{ tul tarik}} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nL} = 1005,310 \times 400 \times \left(244 - \frac{94,62}{2}\right)$$

$$M_{nL} = 79094268,99 \text{ Nmm}$$

Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$\text{As pasang tulangan tarik} = 5 \text{ D } 19 = 1005,310 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pasang tulangan tekan} = 2 \text{ D } 19 = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_{s \text{ tulangan tekan}} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$= \frac{402,124 \times 400}{0,85 \times 25 \times 200}$$

$$a = 37,85 \text{ mm}$$

$$M_{nR} = A_{s \text{ tul tekan}} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

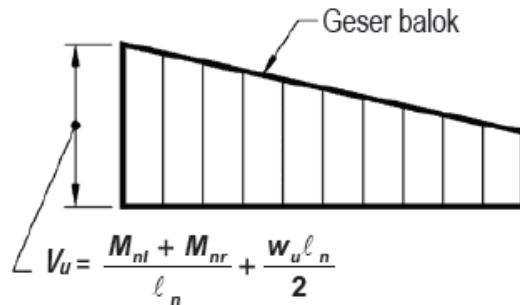
$$M_{nR} = 402,124 \times 400 \times \left(244 - \frac{37,85}{2}\right)$$

$$M_{nR} = 36203456,26 \text{ Nmm}$$

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat dari 1,2D + 1,6L Analisa SAP2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor (V_u) = 49263,1 N

Pembagian Wilayah Geser Balok



Gambar 4.33 : Perencanaan Geser untuk Balok SRPMM

Dalam perhitungan tulangan geser (sengkan) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (SNI 2847:2013 Pasal 21.3)
- Wilayah 2 (daerah lapangan) , dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.

Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa (SNI 2847:2013).

$$\sqrt{f_c'} < \frac{25}{3}$$

5 < 8,333 (Memenuhi)

Kuat Geser Beton (SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_c = 0,17 \times 1 \times 25 \times 200 \times 244$$

$$V_c = 41480 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 200 \text{ mm} \times 244 \text{ mm}$$

$$= 16267 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 244 \text{ mm}$$

$$= 81333,33 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 200 \text{ mm} \times 244 \text{ mm}$$

$$= 162666,67 \text{ N}$$

Penulangan Geser Balok

1. Pada Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3)

$$V_{u1} = \left(\frac{M_{nL} + M_{nR}}{L_n} \right) + \left(\frac{W_u + L_n}{2} \right)$$

$$V_{u1} = \left(\frac{M_{nL} + M_{nR}}{L_n} \right) + V_u$$

$$V_{u1} = \left(\frac{79094268,99 \text{ Nmm} + 36203456,26 \text{ Nmm}}{5650 \text{ mm}} \right) + 49263,1 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 69669,78 \text{ N}$$

Penulangan Geser Balok

a. Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 69669,78 \text{ N}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$69669,78 \text{ N} \leq 15555 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$15555 N \leq 69669,78 N \leq 31110 N$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 3

$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset(V_c + Vs_{min}) \rightarrow$ Tulangan geser minimum

$$31110 N \leq 69669,78 N \leq 43310 N$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 4

$\emptyset(V_c + Vs_{min}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + Vs_{max}) \rightarrow$ Perlu tulangan geser

$$43310 N \leq 69669,78 N \leq 92110 N$$

(Memenuhi)

Kondisi Geser 5

$\emptyset(V_c + Vs_{max}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2Vs_{max}) \rightarrow$ Perlu tulangan geser

$$92110 N \leq 69669,78 N \leq 153110 N$$

(Tidak Memenuhi)

Berdasarkan analisis termasuk dalam kondisi 4 maka selanjutnya perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Kondisi 4

Membutuhkan tulangan geser

$$V_s = \frac{(V_{u1} - \emptyset V_c)}{\emptyset}$$

$$V_s = \frac{(69669,78 - 31110)}{0,75}$$

$$V_s = 51413,04 N$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser diameter 8 mm dengan jumlah kaki 2

$$n_{kaki} = 2$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times d^2 \times n_{kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 8^2 \times 2$$

$$A_v = 100,53 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{S_{perlu}}}$$

$$= \frac{100,53 \text{ mm}^2 \times \frac{240 \text{ N}}{\text{mm}^2} \times 244 \text{ mm}}{51413,036 \text{ N}}$$

$$= 114,5 \text{ mm, dipakai } 60 \text{ mm}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.2})$$

$$60 \text{ mm} \leq \frac{490,5 \text{ mm}}{2}$$

$$60 \text{ mm} \leq 245,25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{max} \leq 300$$

$$60 \text{ mm} \leq 300 \quad (\text{memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- $d/4$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan

- $S_{pakai} < d/4$
 $60 \text{ mm} < 122,6 \text{ mm}$ (memenuhi persyaratan)
- $S_{pakai} < 8 \times D$ lentur
 $60 \text{ mm} < 152 \text{ mm}$ (memenuhi persyaratan)
- $S_{pakai} < 24 \times D$ sengkang
 $60 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$ (memenuhi persyaratan)

$$d. S_{pakai} < 300 \text{ mm}$$

$$60 \text{ mm} < 300 \text{ mm (memenuhi persyaratan)}$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 60 \text{ mm}$ untuk daerah tumpuan.

b. Pada Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3)

$$\frac{V_{u2}}{0,5L_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5L_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times 0,5L_n - 2h}{0,5L_n}$$

$$V_{u2} = \frac{69669,78 \times (0,5 \times 5650 - 2 \times 300)}{0,5 \times 5650}$$

$$V_{u2} = 54872,656 \text{ N}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$$V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$54872,656 \text{ N} \leq 15555 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 2

$$0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$15555 \text{ N} \leq 54872,656 \text{ N} \leq 31110 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 3

$$\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$31110 \text{ N} \leq 54872,656 \text{ N} \leq 43310 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 4

$$\emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{max}}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$43310 \text{ N} \leq 54872,656 \text{ N} \leq 92110 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi Geser 5

$$\emptyset(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2V_{s_{max}}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$92110 \text{ N} \leq 54872,656 \text{ N} \leq 153110 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Berdasarkan analisis termasuk dalam kondisi 4 maka selanjutnya perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Kondisi 4

Membutuhkan tulangan geser

$$V_s = \frac{(V_{u2} - \phi V_c)}{\phi}$$

$$V_s = \frac{(54872,656 - 31110)}{0,75}$$

$$V_s = 31683,54 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser diameter 10 mm dengan jumlah kaki 2

$$n_{kaki} = 2$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times d^2 \times n_{kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 8^2 \times 2$$

$$A_v = 100,53 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{S_{perlu}}}$$

$$= \frac{100,53 \text{ mm}^2 \times \frac{240 \text{ N}}{\text{mm}^2} \times 244 \text{ mm}}{31683,54 \text{ N}}$$

$$= 185,8 \text{ mm, dipakai } 120 \text{ mm}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- b. Senggang harus dispasikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang balok (lapangan)

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(3))

Cek persyaratan

- d. $S_{pakai} < d/2$

120 mm < 122 mm (memenuhi persyaratan)

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 150$ mm untuk daerah lapangan.

4.6.5 Panjang Penyaluran

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik di hitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm untuk batang tulangan D19 dan yang lebih kecil

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f'c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = faktor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f'c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{25}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_d = 610 \text{ mm} = 650 \text{ mm}$$

syarat : $l_d > 300 \text{ mm} \rightarrow 610 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ (memenuhi)

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik adalah 650 mm = 0,65 m

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm, dan diambil dari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \text{ dan } l_{dc} = 0,043 f_y \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.3.1)

Dimana :

l_{dc} = Panjang penyaluran tulangan kondisi tekan

d_b = Diameter tulangan

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 307,2 \text{ mm} \quad \dots \dots \text{Persamaan 1}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 275,2 \text{ mm} \quad \dots \dots \dots \text{Persamaan 2}$$

Maka yang diambil adalah persamaan 1 dengan nilai l_d 307,2 mm = 350 mm

syarat : $l_{dc} > 200 \text{ mm} \rightarrow 307,2 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$ (*memenuhi*)

Maka untuk panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan adalah 350 mm = 0,35 m

$$\text{Panjang kait} = 4d_b + 4d_b = 128 \text{ mm} = 130 \text{ mm}$$

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari $8d_b$ dan 150 mm.

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.5.1)

Dimana :

l_{dh} = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 307,2 \text{ mm} = 350 \text{ mm}$$

syarat :

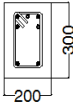
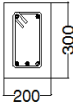
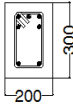
- $l_{dh} > 150 \text{ mm} \rightarrow 307,2 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$ (memenuhi)
- $l_{dh} > 8d_b \text{ mm} \rightarrow 307,2 \text{ mm} > 128 \text{ mm}$ (memenuhi)

Maka untuk panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah $350 \text{ mm} = 0,35 \text{ m}$.

Diujung balok, tulangan harus masuk ke dalam kolom eksterior sejauh l_{dh} dan dibentuk kait 90° diujungnya. Panjang kait dibuat tidak kurang dari $12d_b$.

$$12d_b = 12 \times 16 = 192 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

4.6.6 Gambar Penulangan

B3		
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
		
200 X 300	200 X 300	200 X 300
5 D16	2 D16	5 D16
-	-	-
2 D16	3 D16	2 D16
Ø8 - 60 mm	Ø8 - 120 mm	Ø8 - 60 mm

Gambar 4.34 : Detail Tulangan Balok B3 pada Lantai 2

4.6.7 Hasil Perhitungan Balok

Dengan menggunakan metode analisa perhitungan yang sama dengan balok induk memanjang lantai 2 dan balok anak lantai 2 tersebut didapatkan hasil perhitungan balok sebagai berikut:

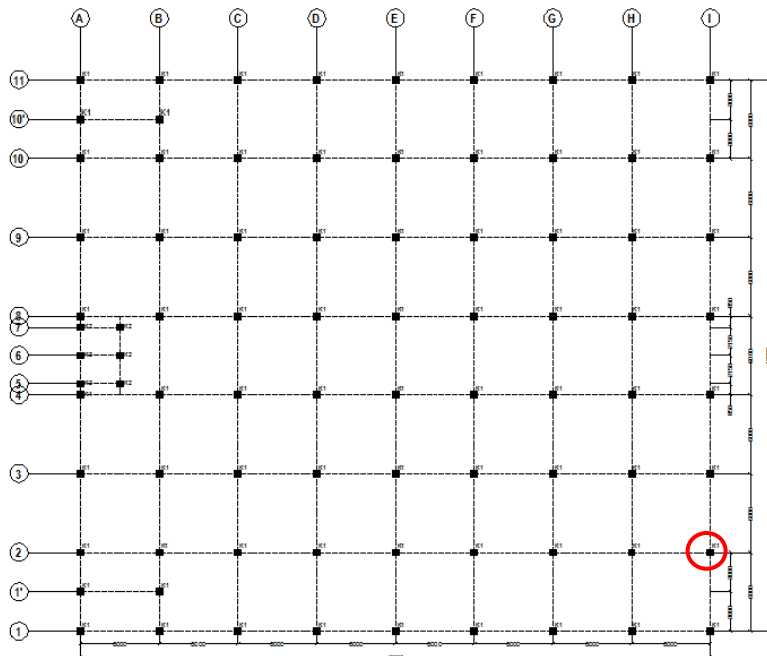
Tabel 4.6 : Rekapitulasi Penulangan Balok

No	Tipe Balok		B/H	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Torsi
				Tumpuan		Lapangan		Tump.	Lap.	
				Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
1	Lt. 1	S1	35/55	6D16	6D16	5D16	5D16	Ø10-100	Ø10-150	2D16
2	Lt. 2	B1A	35/55	8D19	3D19	4D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
		B1B	35/55	7D19	3D19	5D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
3	Lt. 3	B1A	35/55	8D19	3D19	4D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16

		B1B	35/55	7D19	3D19	5D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
4	Lt. 4	B1A	35/55	6D19	3D19	4D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
		B1B	35/55	6D19	2D19	5D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
5	Lt. At ap	B1A	35/55	5D19	2D19	4D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
		B1B	35/55	5D19	2D19	3D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
6	B2		30/40	3D16	2D16	3D16	2D16	Ø8-80	Ø8-150	2D16
7	B3		20/30	5D16	2D16	3D16	2D16	Ø8-60	Ø8-120	-
8	B4		35/55	3D19	2D19	3D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
9	B5		30/45	4D16	2D16	3D16	2D16	Ø10-95	Ø10-150	2D13
10	B6		30/45	6D16	2D16	3D16	2D16	Ø8-95	Ø8-150	2D13

4.7 Perhitungan Kolom

Perhitungan tulangan kolom K1 (50/50) cm AS H⁷/4-8 pada elevasi ± 0 m. Berikut ini adalah data perencanaan sloof berdasarkan gambar denah sloof, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.



Gambar 4.35 : Denah Kolom K1 yang Ditinjau

4.7.1 Data Perencanaan

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| - Tipe Kolom | : Kolom K1 lt.2 (50/50) |
| - Frame | : 3651 |
| - Lokasi | : AS 2-I |
| - Dimensi Kolom (b kolom) | : 500 mm |
| - Dimensi Kolom (h kolom) | : 500 mm |
| - Tinggi kolom | : 4000 mm |

- Jumlah kolom : 76 buah

Elemen di atasnya

1. Kolom

Dimensi Kolom (b kolom) : 500 mm
 Dimensi Kolom (h kolom) : 500 mm
 Tinggi Kolom : 4000 mm

2. Balok Memanjang

Dimensi balok (b balok) : 350 mm
 Dimensi balok (h balok) : 550 mm
 Bentang balok : 6000 mm

3. Balok Melintang

Dimensi balok (b balok) : 350 mm
 Dimensi balok (h balok) : 550 mm
 Bentang balok : 6000 mm

Elemen di bawahnya

1. Kolom

Dimensi Kolom (b kolom) : 500 mm
 Dimensi Kolom (h kolom) : 500 mm
 Tinggi Kolom : 4500 mm

2. Balok Memanjang

Dimensi balok (b balok) : 350 mm
 Dimensi balok (h balok) : 550 mm
 Bentang balok : 6000 mm

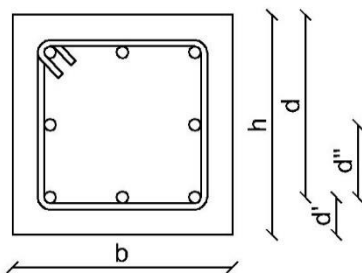
3. Balok Melintang

Dimensi balok (b balok) : 350 mm
 Dimensi balok (h balok) : 550 mm
 Bentang balok : 6000 mm

Kuat tekan beton (f_c')	: 325 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt})	: 400 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 19 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 10 mm
Modulus elastisitas baja (E_s)	: 200000 MPa
Modulus elastisitas beton (E_c)	: 23500 MPa

Persyaratan Desain :

Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) (SNI 2847-2013 Pasal 7.6.1)	: 40 mm
Tebal selimut beton (t decking) (SNI 2847-2013 Pasal 7.7.(c))	: 40 mm
Faktor β_1 (SNI 2847-2013 Pasal 10.2.7.3)	: 0,85
Faktor reduksi kekuatan penampang tekan (ϕ) (SNI 2847-2013 Pasal 9.3.2.1)	: 0,65
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) (SNI 2847-2013 Pasal 9.3.2.3)	: 0,75



Lebar efektif kolom :

$d = h - \text{decking} - D \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul. lentur}$

$$d = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \times 19 \text{ mm}\right)$$

$$d = 440,5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$d' = 500 \text{ mm} - 440,5 \text{ mm}$$

$$d' = 59,5 \text{ mm}$$

$$d'' = d - \frac{1}{2} b_{\text{kolom}}$$

$$d'' = 440,5 \text{ mm} - \frac{1}{2} \times 500 \text{ mm}$$

$$d'' = 190,5 \text{ mm}$$

4.7.2 Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

- Gaya aksial berdasarkan output SAP 2000 pada frame 3651



$$P_{DL} = 44246,17 \text{ kg} = 442461,7 \text{ N}$$



$$P_U (1,2D+1,6L+0,5Lr) = 154497,44 \text{ kg} = 1544974,4 \text{ N}$$

Momen pada penampang kolom ditinjau dari dua arah, yaitu momen arah X dan arah Y.

- Untuk Momen arah X

Momen akibat pengaruh gempa :

M_{1s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam Nmm (SNI 2847-2013)

M_{2s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam Nmm (SNI 2847-2013)

Output SAP2000 (1,2D+1L+0,3Ex+1Ey):



$$M_{1s} = 11805,52 \text{ kgm} = 118055200 \text{ Nmm}$$



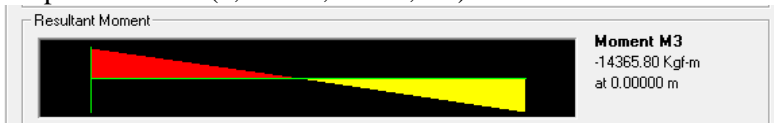
$$M_{2s} = 12640,6 \text{ kgm} = 126406000 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi :

M_{1ns} = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)

M_{2ns} = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)

Output SAP2000 (1,2D + 1,6L + 0,5Lr) :



$$M_{1ns} = -14365,8 \text{ kgm} = -143658000 \text{ Nmm}$$

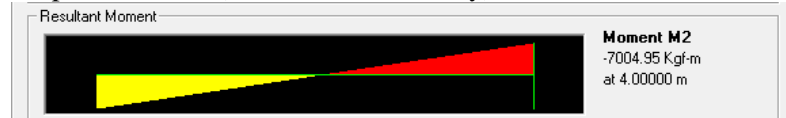


$$M_{2ns} = 15514,93 \text{ kgm} = 155149300 \text{ Nmm}$$

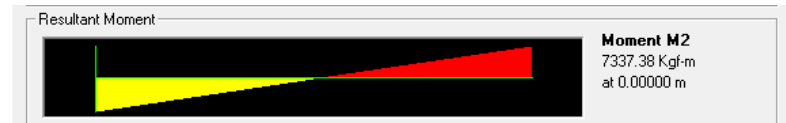
- Untuk Momen arah Y

Momen akibat pengaruh gempa :

Output SAP2000 (1,2D+1L+0,3Ex+1Ey):



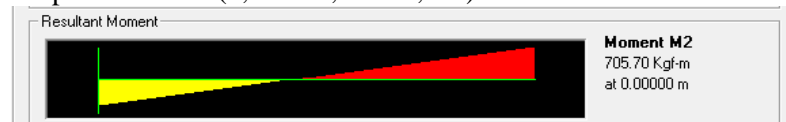
$$M_{1s} = 7004,95 \text{ kgm} = 70049500 \text{ Nmm}$$



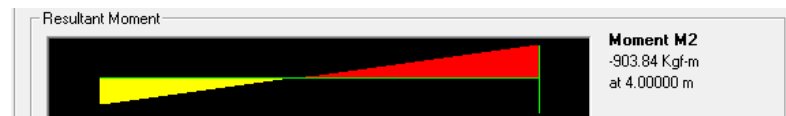
$$M_{2s} = 7337,38 \text{ kgm} = 73373800 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi :

Output SAP2000 (1,2D + 1,6L + 0,5Lr)



$$M_{1ns} = 705,7 \text{ kgm} = 7057000 \text{ Nmm}$$



$$M_{2ns} = 903,84 \text{ kgm} = 9038400 \text{ Nmm}$$

- Syarat Gaya Aksial Pada Kolom

Menurut *SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.2* Gaya tekan aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh melebihi $A_g \cdot f_c' / 10$ dan Bila P_u lebih besar maka perhitungan harus mengikuti 21.3.5 (Ketentuan Kolom untuk SRPMM)

$$P_u > \frac{A_g \cdot f_c'}{10}$$

$$1544974,4 \text{ N} > \frac{500 \cdot 500 \cdot 25}{10}$$

$$1544974,4 \text{ N} > 625000 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

Menghitung faktor Kekakuan Kolom :

- Menghitung faktor β_d
 β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\beta_d = \frac{1,2 \times P_{DL}}{P_U (1,2D + 1,6L + 0,5Lr)}$$

$$= \frac{1,2 \times 442461,7 \text{ N}}{1544974,4 \text{ N}}$$

$$= 0,344$$

- Panjang tekuk kolom

$$\Psi = \frac{\sum (EI/L)_{\text{kolom}}}{\sum (EI/L)_{\text{balok}}}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.7.2)

Untuk kolom (50/50)

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$I_k = 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3$$

$$= 0,7 \times 1/12 \times 500\text{mm} \times (500\text{mm})^3$$

$$= 364583333,33 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_{c'}}$$

$$= 4700\sqrt{25 \text{ MPa}}$$

$$= 23500 \text{ Nmm}$$

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_k}{1 + \beta_d}$$

$$= \frac{0,4 \times 23500 \text{ Nmm} \times 364583333,33 \text{ mm}^4}{1 + 0,344}$$

$$= 2,55 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Untuk balok induk (35/55)

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\begin{aligned} I_g &= 0,35 \times 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 0,35 \times 1/12 \times 350 \text{ mm} \times (550 \text{ mm})^3 \\ &= 1698411458,33 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 4700\sqrt{25 \text{ MPa}} \\ &= 23500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

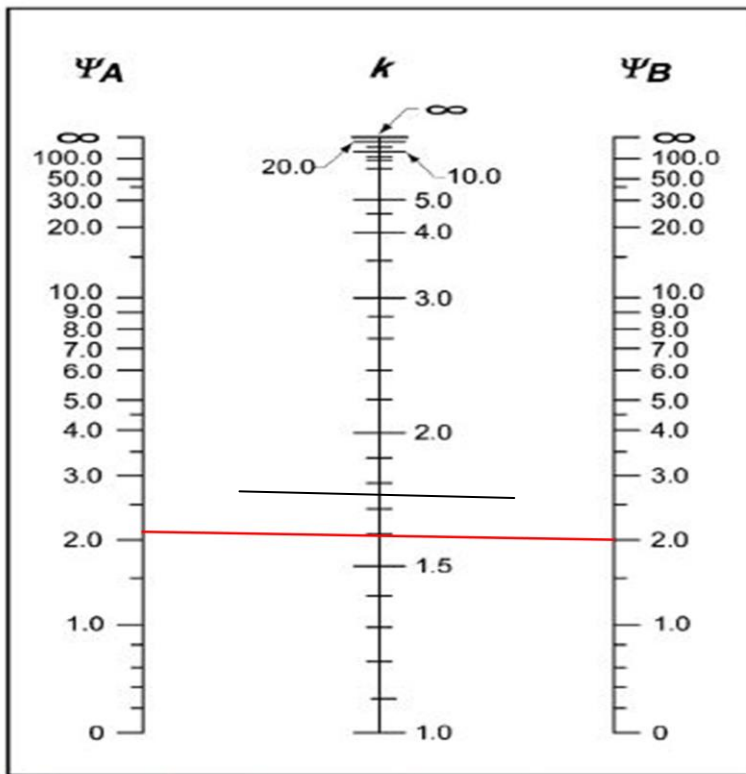
$$\begin{aligned} EI_b &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \times 23500 \text{ Nmm} \times 1698411458,33 \text{ mm}^4}{1 + 0,344} \\ &= 1,190 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

- Kekakuan kolom atas

$$\begin{aligned} \Psi_A &= \frac{\Sigma(EI/L)_{\text{kolom atas}}}{3 \cdot (EI/L)_B} \\ &= \frac{\frac{2,55 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{4000 \text{ mm}} + \frac{2,55 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{4000 \text{ mm}}}{3 \cdot \frac{1,190 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{6000 \text{ mm}}} \\ &= 2,147 \end{aligned}$$

- Kekakuan kolom bawah

$$\begin{aligned} \Psi_B &= \frac{\Sigma(EI/L)_{\text{kolom bawah}}}{\Sigma(EI/L)_S} \\ &= \frac{\frac{2,55 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{4000 \text{ mm}} + \frac{2,55 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{4500 \text{ mm}}}{3 \cdot \frac{1,190 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{6000 \text{ mm}}} \\ &= 2,027 \end{aligned}$$



(b)
Rangka bergoyang

Gambar 4.36: Grafik Aligment

Dari grafik aligment didapatkan faktor panjang efektif
(K) = 1,600

Kontrol kelangsingan kolom :

$$\begin{aligned} r &= 0,3 \times h \\ &= 0,3 \times 500 \text{ mm} \\ &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1.2)

$$\frac{k \times Lu}{1,6 \times 4000 \text{ mm}} \leq 22$$

$$\frac{150 \text{ mm}}{42,67} \leq 22$$

42,67 \geq 22 maka kolom termasuk kolom langsing
(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1(a))

• **Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah X**

Momen akibat kombinasi gempa output SAP 2000
(1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey)

$$M_{1s} = 118055200 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 126406000 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi output SAP
2000 kombinasi (1.2D+1.6L+0.5Lr)

Akibat kombinasi:

$$M_{1ns} = 143658000 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 155149300 \text{ Nmm}$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(K \times Lu)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \times 2,55 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,6 \times 4000 \text{ mm})^2} = 6145728,51 \text{ N}$$

$$\Sigma P_c = n \times P_c$$

$$= 76 \times 6145728,51 \text{ N} = 467075366,8 \text{ N}$$

$$\Sigma P_u = n \times P_u$$

$$= 76 \times 1544974,4 \text{ N} = 117418054,4 \text{ N}$$

Dimana :

ΣP_c = jumlah seluruh kapasitas tekan kolom-kolom
bergoyang pada suatu tingkat

ΣP_u = jumlah seluruh beban vertikal yang bekerja
pada suatu tingkat (diambil dari output SAP)

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7.4)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \sum Pc}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{117418054,4 \text{ N}}{0,75 \times 467075366,8 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,50 \geq 1$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,50$ dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran Momen Arah X

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$M_1 = 143658000 \text{ Nmm} + (1,50 \times 118055200 \text{ Nmm})$$

$$M_1 = 321234446 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

$$M_2 = 155149300 \text{ Nmm} + (1,50 \times 155149300 \text{ Nmm})$$

$$M_2 = 345286864 \text{ Nmm}$$

Momen yang diambil adalah yang terbesar untuk perhitungan kolom yaitu 345286864 Nmm

Mencari ρ_{perlu} dari diagram interaksi

$$\begin{aligned} \mu_h &= h_{kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - \emptyset_{lentur} \\ &= 500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - 19 \text{ mm} \\ &= 381 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\mu = \frac{\mu_h}{h_{kolom}}$$

$$\mu = \frac{381 \text{ mm}}{500 \text{ mm}}$$

$$\mu = 0,762$$

Sumbu Horizontal

$$\frac{Mu}{(\phi \cdot b \cdot h^2 \cdot 0,85 \cdot f_{cr})} = \frac{345286864}{1726562500} = 0,200 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 283,53 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{\text{luas tulangan lentur}}$$

$$n = \frac{4500 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 15,871 \approx 16 \text{ buah}$$

Sehingga direncanakan tulangan lentur pasang 16 D19

Luasan tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pasang}}} &= n \times \text{luas tulangan lentur} \\
 &= 16 \times 283,53 \text{ mm}^2 \\
 &= 4536,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Peninjauan momen arah x yang direncanakan

$$\begin{aligned}
 \% \text{ tulangan terpasang} &= \frac{As \text{ pasang}}{b \times h} \times 100\% \\
 &= \frac{4536,5 \text{ mm}^2}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} \times 100\% \\
 &= 1,81 \% < 8\% \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Mencari e perlu dan e min

$$M_n = \frac{\text{momen perbesaran}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{345286864 \text{ Nmm}}{0,65}$$

$$M_n = 531210560,7 \text{ Nmm}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$P_n = \frac{1544974,4 \text{ N}}{0,65}$$

$$P_n = 2376883,692 \text{ N}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{M_n}{P_n}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{531210560,7 \text{ Nmm}}{2376883,692 \text{ N}}$$

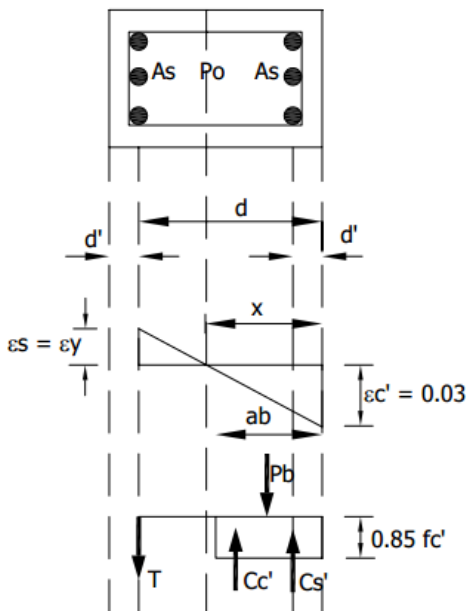
$$e \text{ perlu} = 223,49 \text{ mm}$$

$$e \text{ min} = (15,24 + 0,03h_k)$$

$$= (15,24 + 0,03 \times 500 \text{ mm})$$

$$= 30,24 \text{ mm}$$

Periksa kondisi balance :



Syarat : $\varepsilon_s = \varepsilon_y \rightarrow (f_s = f_y)$

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) x d$$

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right) x 440,5 \text{ mm}$$

$$Xb = 264,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 ab &= 0,85 \times b \\
 &= 0,85 \times 264,3 \text{ mm} \\
 &= 224,7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \varepsilon_s = \varepsilon_y \rightarrow (f_s = f_y)$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \times f_c') \\
 &= 4536,5 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \times 25 \text{ Mpa}) \\
 &= 1718184,146 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_y \\
 &= 4536,5 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \\
 &= 1814583,917 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 500 \text{ mm} \times 264,3 \text{ mm} \\
 &= 2386959,375 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma V=0 &\rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T \\
 &= 2386959,375 \text{ N} + 1718184,146 \text{ N} - 1814583,917 \text{ N} \\
 &= 2290559,604 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= C_c' (d - d'' - \frac{ab}{2}) + C_s' (d - d' - d'') + T \cdot d'' \\
 &= 2386959,375 \text{ N} (440,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm} - \frac{190,5 \text{ mm}}{2}) + \\
 &\quad 1718184,146 \text{ N} (440,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm} - 190,5 \text{ mm}) + \\
 &\quad 1814583,917 \text{ N} \times 190,5 \text{ mm} \\
 &= 1001610981 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_b / P_b \\
 &= \frac{1001610981 \text{ Nmm}}{2290559,604 \text{ N}} \\
 &= 437,28 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kondisi Perencanaan Penampang Kolom :

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}} \text{ (Kondisi Tekan Menentukan)}$$

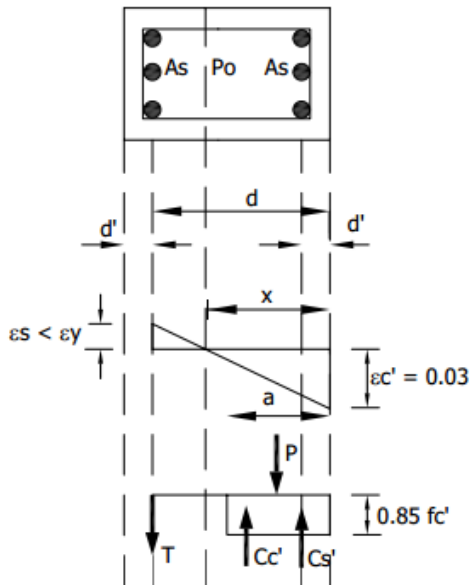
$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balanced}} \text{ (Kondisi Tarik Menentukan)}$$

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$30,24 \text{ mm} < 223,49 \text{ mm} < 437,28 \text{ mm}$$

Maka kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol kondisi tekan menentukan



Nilai x :

$$a = 0,54 d$$

$$0,85 x = 0,54 \times 440,5 \text{ mm}$$

$$0,85 x = 237,87 \text{ mm}$$

$$x = 279,85 \text{ mm}$$

Syarat : $\epsilon_s < \epsilon_y \rightarrow (f_s < f_y)$

$$\epsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) 0,003$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{440,5 \text{ mm}}{279,85 \text{ mm}} - 1 \right) 0,003$$

$$\epsilon_s = 0,0017$$

$$f_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) 600$$

$$f_s = \left(\frac{440,5 \text{ mm}}{279,85 \text{ mm}} - 1 \right) 600$$

$$f_s = 344,4 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\epsilon_y = \frac{400 \text{ Mpa}}{200000 \text{ Mpa}} = 0,002$$

Periksa : $\epsilon_s < \epsilon_y$
 $0,0017 < 0,002$ (memenuhi)
 $f_s < f_y$
 $344,44 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa}$ (memenuhi)

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \times f_c') \\ &= 4536,5 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \times 25 \text{ Mpa}) \\ &= 1718184,146 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 500 \text{ mm} \times 279,85 \text{ mm} \\ &= 2527368,75 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \times f_s \\ &= 1521 \text{ mm}^2 \times 344,44 \text{ Mpa} \\ &= 1562558,37 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum V=0 \rightarrow P &= C_c' + C_s' - T \\ &= 2527368,75 \text{ N} + 1718184,146 \text{ N} - 1562558,37 \text{ N} \\ &= 2682994,52 \text{ N} \end{aligned}$$

Periksa : $P > P_b$
 $2682994,52 \text{ N} > 2290559,604 \text{ N}$ (Memenuhi)

$$\begin{aligned}
 M &= Cc' (d - d'' - \frac{ab}{2}) + Cs' (d - d' - d'') + T \cdot d'' \\
 &= 2527368,75 \text{ N} (440,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm} - \frac{190,5 \text{ mm}}{2}) + \\
 &\quad 1718184,146 \text{ N} (440,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm} - 190,5 \text{ mm}) + \\
 &\quad 1562558,37 \text{ N} \times 59,5 \text{ mm} \\
 &= 956231035,1 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Periksa : $M > M_n$

$956231035,1 \text{ Nmm} > 531210560,7 \text{ Nmm}$ (memenuhi)

- **Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah Y**

Momen akibat kombinasi gempa output SAP 2000 (1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey)

$$M_{1s} = 70049500 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 73373800 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi output SAP 2000 kombinasi (1.2D+1.6L+0.5Lr)

Akibat kombinasi:

$$M_{1ns} = 7057000 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 9038400 \text{ Nmm}$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

$$\begin{aligned}
 P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(K \times Lu)^2} \\
 &= \frac{\pi^2 \times 2,55 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,6 \times 4000 \text{ mm})^2} = 6145728,51 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma P_c &= n \times P_c \\
 &= 76 \times 6145728,51 \text{ N} = 467075366,8 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma P_u &= n \times P_u \\
 &= 76 \times 1544974,4 \text{ N} = 117418054,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dimana :

ΣP_c = jumlah seluruh kapasitas tekan kolom-kolom bergoyang pada suatu tingkat

ΣP_u = jumlah seluruh beban vertikal yang bekerja pada suatu tingkat (diambil dari output SAP)

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7.4)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{117418054,4 \text{ N}}{0,75 \times 467075366,8 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,50 \geq 1$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,50$ dalam perhitungan perbesaran momen.

Kolom Akibat Momen Arah Y

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$M_1 = 7057000 \text{ Nmm} + (1,50 \times 70049500 \text{ Nmm})$$

$$M_1 = 112424161 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

$$M_2 = 9038400 \text{ Nmm} + (1,50 \times 73373800 \text{ Nmm})$$

$$M_2 = 119405911 \text{ Nmm}$$

Momen yang diambil adalah yang terbesar yaitu 119405911 Nmm.

Mencari ρ_{perlu} dari diagram interaksi

$$\begin{aligned} \mu_h &= h \text{ kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \emptyset \text{ geser}) - \emptyset \text{ lentur} \\ &= 500 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - 19 \text{ mm} \\ &= 381 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\mu = \frac{\mu_h}{h_{kolom}}$$

$$\mu = \frac{381 \text{ mm}}{500 \text{ mm}}$$

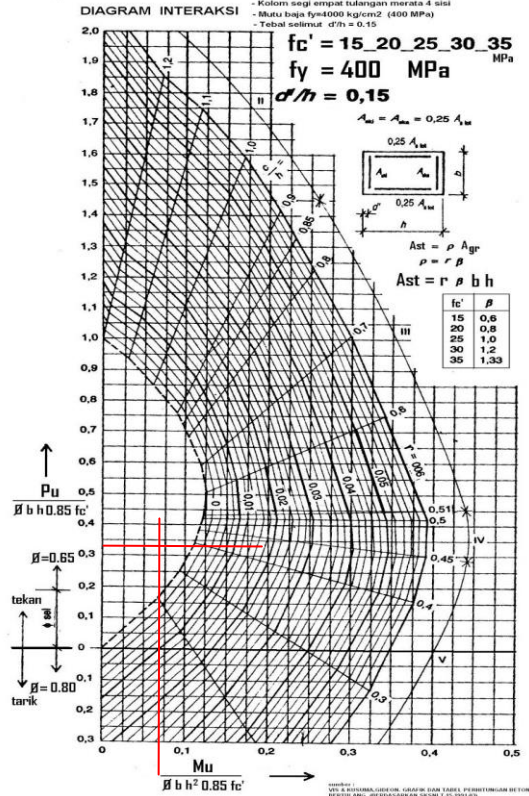
$$\mu = 0,762$$

Sumbu Horizontal

$$\frac{Mu}{(\phi \cdot b \cdot h^2 \cdot 0,85 \cdot f'cr)} = \frac{119405911}{1726562500} = 0,069 \text{ N/mm}^2$$

Sumbu Vertikal

$$\frac{P_u}{(\phi \cdot b \cdot h \cdot 0.85 \cdot f_c')} = \frac{1544974,4}{3453125} = 0,447 \text{ N/mm}^2$$



Maka didapatkan $\rho_{perlu} = 1\%$

Perhitungan tulangan kolom

As perlu $= \rho_{perlu} \times b \times h$
 $= 0,01 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$
 $= 2500 \text{ mm}^2$

Luas tulangan lentur $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$
 $= 283,53 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{\text{luas tulangan lentur}}$$

$$n = \frac{2500 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 8,8174 \approx 12 \text{ buah.}$$

Sehingga direncanakan tulangan lentur pasang 12 D19

Luasan tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned} As_{\text{pasang}} &= n \times \text{luas tulangan lentur} \\ &= 12 \times 283,53 \text{ mm}^2 \\ &= 3402,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Peninjauan momen arah x yang direncanakan

$$\begin{aligned} \% \text{ tulangan terpasang} &= \frac{As_{\text{pasang}}}{b \times h} \times 100\% \\ &= \frac{3402,3 \text{ mm}^2}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 1,36 \% < 8\% \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Mencari e perlu dan e min

$$Mn = \frac{\text{momen perbesaran}}{\phi}$$

$$Mn = \frac{119405911 \text{ Nmm}}{0,65}$$

$$Mn = 183701401,9 \text{ Nmm}$$

$$Pn = \frac{Pu}{\phi}$$

$$Pn = \frac{1544974,4 \text{ N}}{0,65}$$

$$Pn = 2376883,692 \text{ N}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{M_n}{P_n}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{183701401.9 \text{ Nmm}}{2376883,692 \text{ N}}$$

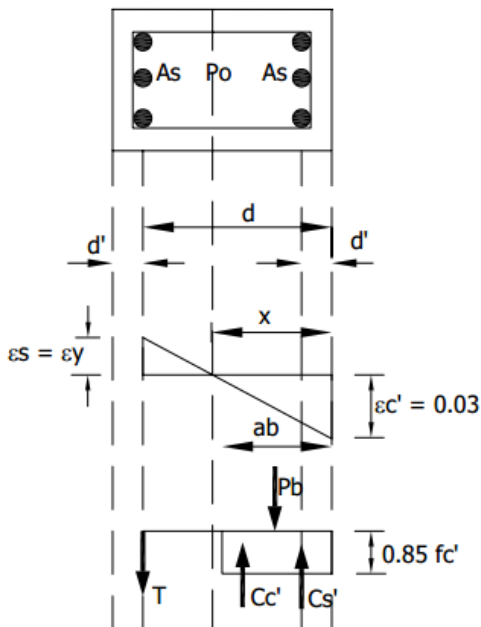
$$e \text{ perlu} = 77,29 \text{ mm}$$

$$e \text{ min} = (15,24 + 0,03h_k)$$

$$= (15,24 + 0,03 \times 500 \text{ mm})$$

$$= 30,24 \text{ mm}$$

Periksa kondisi balance :



Syarat : $\epsilon_s = \epsilon_y \rightarrow (f_s = f_y)$

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) x d$$

$$Xb = \left(\frac{600}{600+400 \text{ Mpa}} \right) \times 440,5 \text{ mm}$$

$$Xb = 264,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} ab &= 0,85 \times b \\ &= 0,85 \times 264,3 \text{ mm} \\ &= 224,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \varepsilon_s = \varepsilon_y \rightarrow (f_s = f_y)$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \times f_c') \\ &= 3402,3 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \times 25 \text{ Mpa}) \\ &= 1288638,11 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \times f_y \\ &= 3402,3 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \\ &= 1360937,938 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\ &= 0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 500 \text{ mm} \times 264,3 \text{ mm} \\ &= 2386959,375 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum V=0 \rightarrow P_b &= C_c' + C_s' - T \\ &= 2386959,375 \text{ N} + 1288638,11 \text{ N} - 1360937,938 \text{ N} \\ &= 2314659,547 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b &= C_c' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d' - d'') + T \cdot d'' \\ &= 2386959,375 \text{ N} \left(440,5 \text{ mm} - 190,5 \text{ mm} - \frac{224,7 \text{ mm}}{2} \right) + \\ &\quad 1288638,11 \text{ N} (440,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm} - 190,5 \text{ mm}) + \\ &\quad 1360937,938 \text{ N} \times 190,5 \text{ mm} \\ &= 833362901,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_b / P_b \\
 &= \frac{833362901,5 \text{ Nmm}}{2314659,547 \text{ N}} \\
 &= 360 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kondisi Perencanaan Penampang Kolom :

$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}}$ (Kondisi Tekan Menentukan)

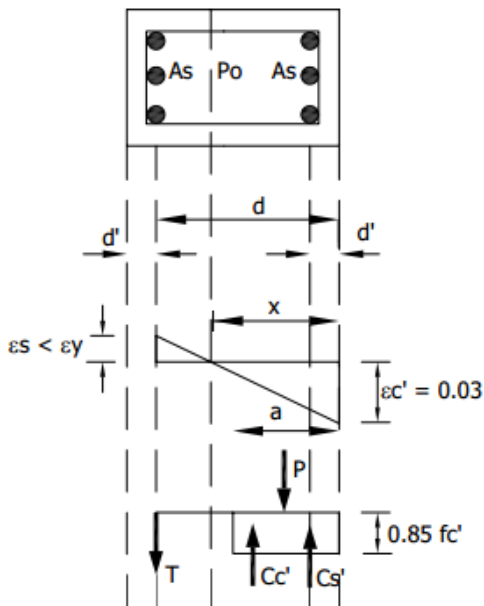
$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balanced}}$ (Kondisi Tarik Menentukan)

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_b$$

$$30,24 \text{ mm} < 77,29 < 360,0 \text{ mm}$$

Maka kolom termasuk dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol kondisi tekan menentukan



Nilai x:

$$a = 0,54 d$$

$$0,85 x = 0,54 \times 440,5 \text{ mm}$$

$$0,85 x = 237,06 \text{ mm}$$

$$x = 279,85 \text{ mm}$$

Syarat : $\varepsilon_s < \varepsilon_y \rightarrow (f_s < f_y)$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) 0,003$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{440,5 \text{ mm}}{279,85 \text{ mm}} - 1 \right) 0,003$$

$$\varepsilon_s = 0,0017$$

$$f_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) 600$$

$$f_s = \left(\frac{440,5 \text{ mm}}{279,85 \text{ mm}} - 1 \right) 600$$

$$f_s = 344,44 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\varepsilon_y = \frac{400 \text{ Mpa}}{200000 \text{ Mpa}} = 0,002$$

Periksa : $\varepsilon_s < \varepsilon_y$
 $0,0017 < 0,002$ (memenuhi)

$f_s < f_y$
 $344,44 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa}$ (memenuhi)

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \times f_c') \\ &= 3402,3 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \times 25 \text{ Mpa}) \\ &= 1288638,11 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 500 \text{ mm} \times 279,85 \text{ mm} \\
 &= 2527368,75 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_s \\
 &= 3402,3 \text{ mm}^2 \times 344,44 \text{ Mpa} \\
 &= 1171918,78 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum V=0 \rightarrow P &= Cc' + Cs' - T \\
 &= 2527368,75 \text{ N} + 1288638,11 \text{ N} - 1171918,78 \text{ N} \\
 &= 2644088,08 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Periksa : } P &> P_b \\
 2644088,08 \text{ N} &> 2314659,547 \text{ N (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= 0,85 \cdot X \\
 &= 0,85 \cdot 279,85 \\
 &= 237,87 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= Cc' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d' - d'') + T \cdot d'' \\
 &= 2527368,75 \text{ N} \left(440,5 \text{ mm} - 190,5 \text{ mm} - \frac{237,87 \text{ mm}}{2} \right) + \\
 &\quad 1288638,11 \text{ N} (440,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm} - 190,5 \text{ mm}) + \\
 &\quad 1171918,78 \text{ N} \times 59,5 \text{ mm} \\
 &= 799985672,6 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Periksa : } M &> M_n \\
 799985672,6 \text{ Nmm} &> 183701401,9 \text{ Nmm} \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dari peninjauan tulangan lentur sumbu X dan sumbu Y maka pemasangan tulangan kolom didasarkan pada penulangan lentur terbesar yaitu pada peninjauan sumbu X. Sehingga pada perencanaan penulangan kolom bangunan gedung dipasang tulangan 16 D19.

Kontrol Jarak Spasi Antar Tulangan Satu Sisi

Syarat :

$S_{max} \geq S_{sejajar} \rightarrow$ susun satu lapis

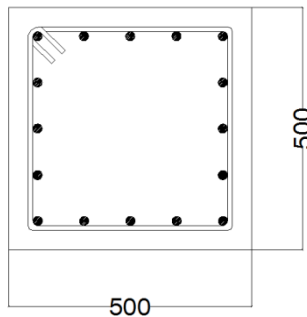
$S_{max} \leq S_{sejajar} \rightarrow$ perbesar penampang kolom

$$S_{max} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times \phi_{geser}) - (n \times \phi_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{max} = \frac{500 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 19)}{5 - 1}$$

$$S_{max} = 76,25 \text{ mm} > 40 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka, tulangan lentur disusun satu lapis.



Gambar 4.37 : Detail Penulangan Kolom K1

Cek dengan program **pcaColumn**

Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis **pcaColumn**, sehingga diperoleh grafik momen sebagai berikut :

Mutu beton (f_c')	= 25 N/mm ²
Mutu baja tulangan (f_y)	= 400 N/mm ²
Modulus elastisitas	= 23500 N/mm ²
β_1	= 0,85
Dimensi kolom	= 500 mm x 500mm


```

f'c = 25 MPa          fy = 400 MPa
Ec = 23500 MPa        Es = 200000 MPa
Ultimate strain = 0.003 mm/mm
Betal = 0.85

Section:
*****
Rectangular: Width = 500 mm      Depth = 500 mm

Gross section area, Ag = 250000 mm^2
Ix = 5.20833e+009 mm^4          Iy = 5.20833e+009 mm^4
Kc = 0 mm                      Yc = 0 mm

Reinforcement:
*****
Rebar Database: ASTM A615M
Size Diam (mm) Area (mm^2)      Size Diam (mm) Area (mm^2)      Size Diam (mm) Area (mm^2)
-----
# 10      10      71      # 13      13      129      # 16      16      199
# 19      19      284      # 22      22      387      # 25      25      510
# 29      29      645      # 32      32      819      # 36      36      1006
# 43      43      1452      # 57      57      2581

Confinement: Tied: #10 ties with #32 bars, #13 with larger bars.
phi(a) = 0.8, phi(b) = 0.9, phi(c) = 0.65

Layout: Rectangular
Pattern: All Sides Equal (Cover to transverse reinforcement)
Total steel area, As = 4544 mm^2 at 1.82%
16 #19      Cover = 40 mm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)
*****
No.      Pu      Mu      Mu      fRux      fRuy      fRux/fRuy
      kN      kN-m      kN-m      kN-m      kN-m      kN-m/kN
-----
1      2412.0      68.8      56.0      217.3      184.7      3.309
2      1545.0      155.1      73.4      288.7      136.5      1.861
3      1899.5      6.1      164.6      12.7      343.5      2.086

*** Program completed as requested! ***

```

Berdasarkan output dari pcaColumn

Mux = 155,15 kNm < Mnx = 288,7 kNm

Muy = 73,374 kNm < Mny = 136,5 kNm

Jadi kolom dapat menahan gaya lentur dan aksial yang terjadi.

4.7.3 Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Data Perencanaan :

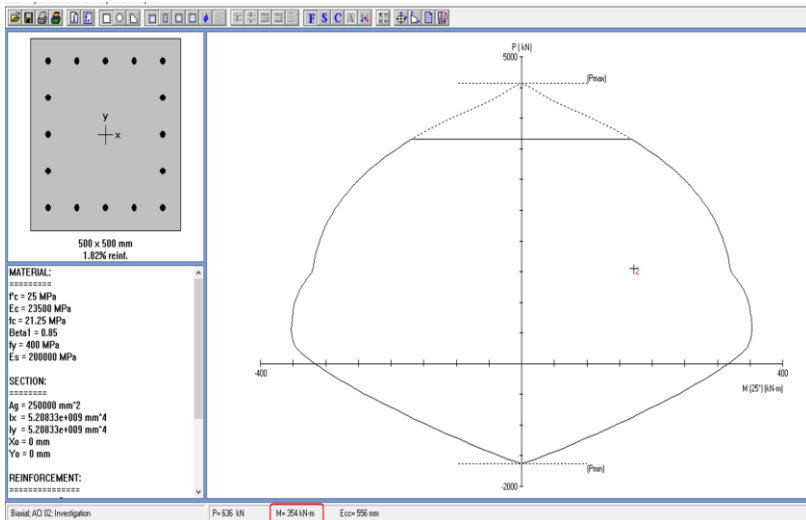
h kolom : 500 mm
b kolom : 500 mm
Tebal selimut beton : 40 mm
Tinggi kolom : 4000 mm
Mutu beton (fc') : 25 MPa
Kuat leleh tulangan lentur(fy) : 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser(fyv) : 240 MPa

Diameter Tulangan lentur : D19
 Diameter Tulangan geser : $\phi 10$
 Faktor Reduksi : 0,75

(SNI 03-2847-2002 Pasal 11.3.2.(3))

Berdasarkan hasil output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya pada kolom as 2-I sebagai berikut:

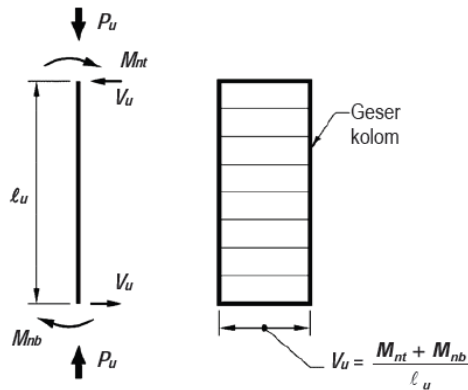
$$P_U (1,2D + 1,6L + 0,5L_r) = 1544974,4 \text{ N}$$



Gambar 4. 38 : Output Gaya PcAcol

$$M_{nt} = 354000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = 354000000 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.39 : Lintang rencana untuk SRPMM

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u}$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 21.3.5)

Dimana :

M_{nt} = Momen nominal atas (top) kolom

M_{nb} = Momen nominal bawah (bottom) kolom

$$M_{nt} = \frac{M_{nt}}{\phi} = \frac{354000000}{0,75} = 472000000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = \frac{M_{nb}}{\phi} = \frac{354000000}{0,75} = 472000000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u} \\ &= \frac{472000000 + 472000000}{4000} \\ &= 236000 \text{ N} \end{aligned}$$

- Syarat Kuat Tekan Beton (f_c'):
Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa
(SNI 2847-2013)

$$\sqrt{f_c} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \leq \frac{25}{3} \text{ N/mm}^2$$

$$5 \text{ N/mm}^2 \leq 8,33 \text{ N/mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

- Kekuatan geser pada beton :

$$V_c = 0,17 \left[1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right] \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \left[1 + \frac{1544974,4 \text{ N}}{14 \times 250000 \text{ mm}^2} \right] \times 1 \times \sqrt{25} \times 500 \times 440,5$$

$$= 269852,077 \text{ N}$$

SNI 03-2847-2013, Pasal 11.2.1.2

$$\phi V_c = 0,75 \times 269852,077 \text{ N} = 202389,06 \text{ N}$$

$$0,5 \times \phi V_c = 0,5 \times 202389,06 \text{ N} = 101194,53 \text{ N}$$

- Kuat geser tulangan geser :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 500 \times 440,5$$

$$= 73416,67 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 500 \times 440,5$$

$$= 367083,33 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{30} \times 500 \times 440,5$$

$$= 734166,67 \text{ N}$$

- Cek kondisi penulangan geser :

Kondisi 1 :

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow (\text{Tidak Perlu Tulangan Geser})$$

$$236000 \text{ N} \leq 101194,53 \text{ N} (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 2 :

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow (\text{Tulangan Geser}$$

Minimum)

$$101194,53 \text{ N} \leq 236000 \text{ N} \leq 202389,06 \text{ N} (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 3 :

$$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \rightarrow (\text{Perlu Geser Minimum})$$

$$202389,06 \text{ N} \leq 236000 \text{ N} \leq 257451,56 \text{ N} (\text{memenuhi})$$

Kondisi 4 :

$$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_{s_{\max}}) \rightarrow (\text{Tulangan Geser})$$

$$257451,56 \text{ N} \leq 236000 \text{ N} \leq 477701,56 \text{ N} (\text{tidak memenuhi})$$

Kondisi 5 :

$$\emptyset (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2 \cdot V_{s_{\max}}) \rightarrow (\text{Tulangan Geser})$$

$$477701,56 \text{ N} \leq 236000 \text{ N} \leq 899321,24 \text{ N} (\text{tidak memenuhi})$$

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan *Kondisi 3*.

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 10 \text{ mm}$ dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$A_v = 0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot n_{\text{kaki}}$$

$$= 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 2$$

$$= 157,08 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$S_{\text{pakai}} = \frac{A_v \cdot f_{yv} \cdot d}{V_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \cdot 240 \cdot 440,5}{73416,67 \text{ N}}$$

$$= 226 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 3

Direncanakan $S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$

$$S_{\text{pakai}} \leq \frac{d}{2}$$

$$150 \text{ mm} \leq 220,25 \text{ mm} (\text{memenuhi})$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 600 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 12 - 150 \text{ mm}$

Cek Persyaratan SPRMM Untuk Kekuatan Geser Kolom

1). Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.3.5.2, Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang L_o dari muka hubungan balok-kolom S_o . Spasi S_o tersebut tidak boleh melebihi :

a) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,

$$S_o \leq 8 \times D \text{ lentur}$$

$$150 \text{ mm} \leq 8 \times 19 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 152 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

b) 24 kali diameter sengkang ikat,

$$S_o \leq 24 \times \emptyset \text{ sengkang}$$

$$150 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

- c) Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur,

$$S_o \leq 1/2 \times b_w$$

$$150 \text{ mm} \leq 1/2 \times 500 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 250 \text{ mm (Memenuhi)}$$

- d) $S_o \leq 300 \text{ mm}$

$$150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm (Memenuhi)}$$

Maka, dipakai S_o sebesar $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$.

Direncanakan $L_o = 600 \text{ mm}$

Panjang L_o tidak boleh kurang dari pada nilai terbesar berikut ini :

- a) Seperenam tinggi bersih kolom,

$$L_o > \frac{1}{6} \times (4000 - 550)$$

$$L_o > \frac{1}{6} \times 3450$$

$$L_o > 575 \text{ mm}$$

- b) Dimensi terbesar penampang kolom

$$L_o > 500 \text{ mm}$$

- c) $L_o > 450 \text{ mm}$

Maka dipakai L_o sebesar 600 mm

Sehingga dipasang sengkang sebesar $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$ sejarak 600 mm dari muka hubungan balok kolom.

- 2). Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 \times S_o = 0,5 \times 150 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$ dari muka hubungan balok kolom.
- 3). Spasi sengkang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_o = 2 \times 150 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$.

Maka pada daerah setelah sejarak $L_o = 600$ mm dari muka hubungan balok kolom tetap dipasang sengkang sebesar $\varnothing 10 - 150$ mm.

4.7.4 Perhitungan Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 12.16.1**, panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,071 \times f_y \times d_b$, untuk $f_y = 400$ Mpa atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

$$0,071 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,071 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times 19 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

$$539,60 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm (Memenuhi)}$$

Maka panjang sambungan lewatan kolom sebesar 550 mm.

4.7.5 Panjang Penyaluran Tulangan Kolom

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.3**, panjang penyaluran untuk tulangan D28 harus diambil sebesar :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_{cr}}} \frac{\Psi_t\Psi_o\Psi_s}{\left(\frac{c+kt_r}{d_b}\right)} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left(\frac{400 \text{ MPa}}{1,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{25 \text{ MPa}}} \frac{1,3 \times 1 \times 0,8}{\left(\frac{49,5+0}{19 \text{ mm}}\right)} \right) \cdot 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 551,61 \text{ mm} \approx 560 \text{ mm}$$

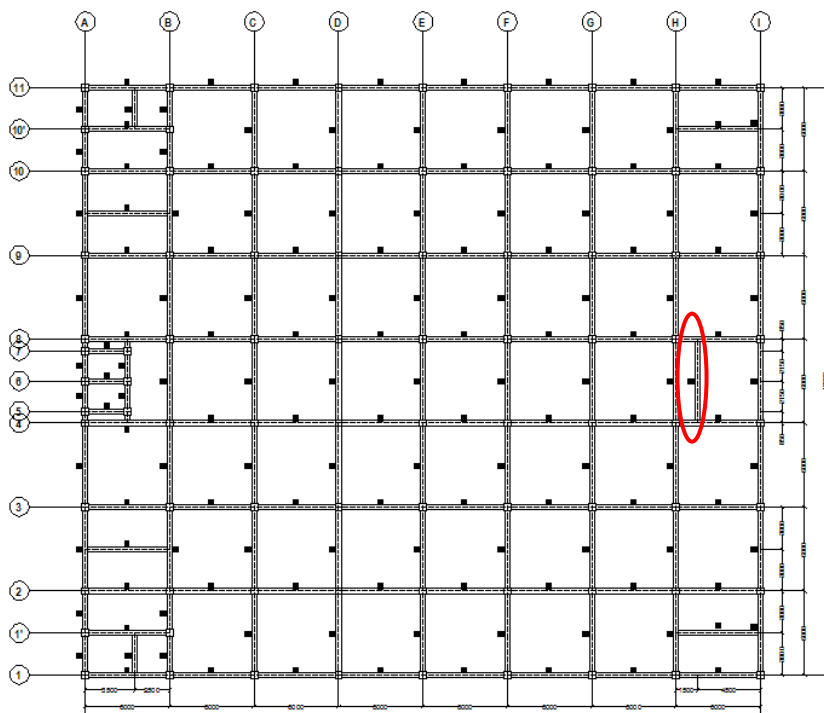
4.7.6 Hasil Perhitungan Kolom

Dengan menggunakan metode analisa perhitungan yang sama dengan kolom lantai 2 tersebut didapatkan hasil perhitungan kolom sebagai berikut :

No	Tipe Kolom	Tulangan Lentur	Tulangan Geser
1	Kolom Lantai 1 50/50	16 D19	Ø10 – 150 mm
2	Kolom Lantai 2 50/50	16 D19	Ø10 – 150 mm
3	Kolom Lantai 3 50/50	12 D19	Ø10 – 150 mm
4	Kolom Lantai 4 50/50	12 D19	Ø10 – 150 mm
5	Kolom Lift 50/50	12 D19	Ø10 – 150 mm

4.8 Perhitungan Sloof

Perhitungan tulangan sloof S1 (35×55) cm AS H'4-8 pada elevasi ± 0 m. Berikut ini adalah data perencanaan sloof berdasarkan gambar denah sloof, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.



Gambar 4.40 : Denah Sloof yang Ditinjau Tipe S1

4.8.1 Data Perencanaan

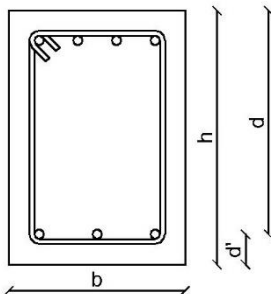
Tipe balok	: Sloof
Frame	: 67
Lokasi	: AS H' (4-8)
Bentang balok	: 6000 mm
Dimensi balok (b balok)	: 350 mm
Dimensi balok (h balok)	: 550 mm
Kuat tekan beton (f_c')	: 25 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	: 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt})	: 400 MPa

Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 16 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 10 mm
Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir)	: 16 mm

Persyaratan Desain

Jarak spasi tulangan sejajar minimum	: 25 mm
(SNI 2847-2013 Pasal 7.6.1)	
Jarak spasi tulangan antar lapis	: 25 mm
(SNI 2847-2013 Pasal 7.6.2)	
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
(SNI 2847-2013 Pasal 7.7.(c))	
Faktor β_1	: 0,85
(SNI 2847-2013 Pasal 10.2.7.3)	
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)	: 0,9
(SNI 2847-2013 Pasal 9.3.2.1)	
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	: 0,75
(SNI 2847-2013 Pasal 9.3.2.3)	
Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ)	: 0,75
(SNI 2847-2013 Pasal 9.3.2.3)	

Maka, perhitungan tinggi efektif balok :



$$d = h - \text{decking} - D_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} D_{\text{tul lentur}}$$

$$d = 550 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \times 16$$

$$d = 492 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$d' = 58 \text{ mm}$$

Hasil Output SAP 2000

Dalam perhitungan balok didapatkan gaya dalam dan diagram gaya dari analisa program SAP 2000 yang memodelkan stuktur bangunan yang ditinjau. Pada hasil output analisa SAP 2000 digunakan data yang menunjukkan analisa gaya terbesar dari

semua frame balok pada stuktur bangunan, sehingga didapatkan pada frame 67 pemodelan SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan $1,2D + 1L + 0,3Ex + 0,3Ey$ dan berikut adalah hasil output analisa dari program SAP 2000 :

Hasil Output Torsi

Kombinasi : $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$

Momen Puntir: $-2144,01 \text{ kgm} = -21440100 \text{ Nmm}$

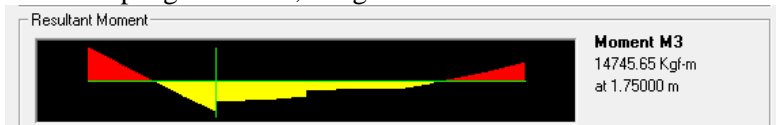


Gambar 4.41 : Hasil Output SAP 2000 Gaya Torsi

Hasil Output Diagram Momen Lentur

Kombinasi : $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$

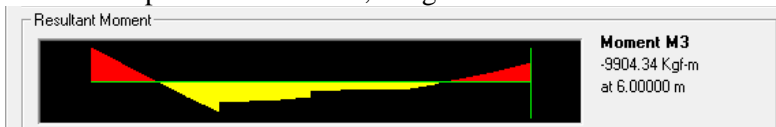
Momen lapangan: $14745,65 \text{ kgm} = 147456500 \text{ Nmm}$



Gambar 4.42 : Hasil Output SAP 2000 Momen Lapangan

Kombinasi : $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$

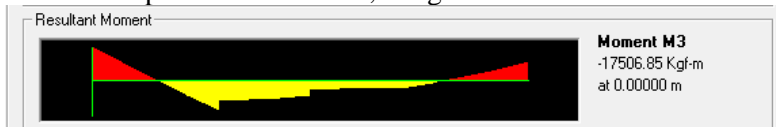
Momen tumpuan kanan: $-9904,34 \text{ kgm} = -99043400 \text{ Nmm}$



Gambar 4.43 : Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan Kanan

Kombinasi : $1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey$

Momen tumpuan kiri : $-17506,85 \text{ kgm} = -175068500 \text{ Nmm}$



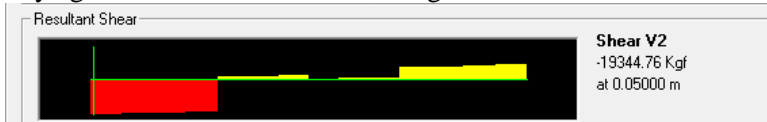
Gambar 4.44 : Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan Kiri

Hasil Output Diagram Gaya Geser

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat beban kombinasi 1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey didapatkan gaya geser terfaktor dengan Vu diambil tepat dari muka kolom sejarak 50 mm dari as kolom berdasarkan (SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2)

Kombinasi : 1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey

Gaya geser Vu : -19344,76 kg = -193447,6 N



Gambar 4.45 : Hasil Output SAP 2000 Gaya Geser Muka Kolom

Periksa Kecukupan Dimensi terhadap Beban Geser, Lentur, dan Puntir Balok Induk Memanjang 35/55 Lantai 2 :

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 350 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 192500 \text{ mm}^2$$

Perimeter luar irisan penampang beton A_{cp} :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (350 \text{ mm} + 550 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1800 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (350 - 80 - 10) \times (550 - 80 - 10)$$

$$A_{oh} = 112500 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_h = 2 \times [(b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_h = 2 \times [(350 - 80 - 10) + (550 - 80 - 10)]$$

$$P_h = 1400 \text{ mm}$$

4.8.2 Perhitungan Penulangan Puntir

Untuk Penampang Solid :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u}{1,7 A^2_{oh}}\right)^2} \leq \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c}\right)$$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.1(a))

$$1,791 \leq 3,138 \text{ (Memenuhi)}$$

Momen Puntir Ultimate

Akibat kombinasi : 1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey

$$T_u = 21440100 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal : $T_n = \frac{T_u}{\phi}$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.5)

$$T_n = 28586800 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$T_{min} = \phi \times 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 11.5.1 (a))

$$T_{min} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times 5 \times 20586805,6$$

$$T_{min} = 6407643,2 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum T_u diambil sebesar :

$$T_{max} = \phi \times 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 11.5.2.2 (a)})$$

$$T_{max} = 0,75 \times 0,33 \times 5 \times 20586805,6$$

$$T_{max} = 25476172 \text{ Nmm}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir :

Syarat :

$$T_{u_{min}} > T_u \rightarrow \text{tidak memerlukan tulangan puntir}$$

$$T_{u_{min}} < T_u \rightarrow \text{memerlukan tulangan puntir}$$

$$T_{u_{min}} < T_u$$

$$6407643,2 < 21440100 \rightarrow \text{memerlukan tulangan puntir}$$

Tulangan Puntir untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_h \times \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \times \cot^2 \phi \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.7})$$

Dengan $\frac{A_t}{s}$ dihitung sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yt}}{s} \times \cot \phi \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.6})$$

$$\phi = 45^\circ (\text{Untuk beton non prategang})$$

$$\cot \phi = 0,617$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times f_{yt} \times \cot \phi}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,514 \text{ mm}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$Al_{pertu} = \frac{A_t}{s} \times P_h \times \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

$$Al_{pertu} = 0,514 \times 1400 \times 1 \times 0,381$$

$$Al_{pertu} = 274,534 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} > \frac{0,175b}{f_{yt}}$$

$$0,514 > 0,153 \text{ (memenuhi)}$$

Maka nilai A_t/s diambil = 0,514 mm

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan :

$$Al_{min} = \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} \times P_h \times \frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$Al_{min} = 1010,625 - 0,514 \times 1400 \times 1$$

$$Al_{min} = 290,338 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$Al_{pertu} \leq Al_{min} \rightarrow \text{maka gunakan } Al_{min}$$

$$Al_{pertu} \geq Al_{min} \rightarrow \text{maka gunakan } Al_{pertu}$$

$$Al_{pertu} \leq Al_{min}$$

$$274,534 \leq 290,338 \rightarrow \text{maka gunakan } Al_{min}$$

Maka luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{Al}{4} = \frac{290,338}{4} = 72,584 \text{ mm}^2$$

Penyebaran tulangan puntir dibagikan pada setiap sisi penampang balok :

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Direncanakan tulangan D16.

Maka masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar $\frac{1}{2} Al = 145,169 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$n = \frac{\frac{1}{2} Al}{\text{Luas tul puntir}}$$

$$n = \frac{145,169}{201,062}$$

$$n = 0,72 \approx 2 \text{ buah}$$

Kontrol $Al_{pasang} > Al_{perlu}$

$$Al_{pasang} = n_{pasang} \times \text{luasan } D_{puntir}$$

$$Al_{pasang} = 2 \times 201,062$$

$$Al_{pasang} = 402,124 \text{ mm}^2$$

Syarat : $Al_{pasang} > Al_{perlu}$

$$402,124 > 145,169 \text{ (Memenuhi)}$$

Sehingga dipasang tulangan puntir 2D16 di tumpuan kiri, lapangan, dan tumpuan kanan.

4.8.3 Perhitungan Penulangan Lentur

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

Garis netral dalam kondisi balance :

$$X_b = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \times d$$

$$X_b = \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \times 492$$

$$X_b = 295,2 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum :

$$X_{maks} = 0,75 \times X_b$$

$$X_{maks} = 0,75 \times 295,2$$

$$X_{maks} = 221,4 \text{ mm}$$

Garis netral minimum :

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 58 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$Cc' = 0,85 \times 25 \times 350 \times 0,85 \times 150$$

$$Cc' = 948281 \text{ N}$$

Luas tulangan tarik

$$A_{sc} = \frac{Cc'}{f_y}$$

$$A_{sc} = 2370,703 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(\frac{d - \beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 406101445,31 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1/4}{f_y} = \frac{0,25}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta}{f_y} + \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) = 0,0271$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{maks} = 0,0203$$

a. Daerah Tumpuan Kanan

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 99043400 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = 110048222 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = -296053223 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{ns} > 0 \rightarrow \text{maka perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0 \rightarrow \text{maka tidak perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0$$

$$-296053223 \leq 0$$

\rightarrow tidak memerlukan tulangan lentur tekan

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan lentur tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{110048222 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times 242064 \text{ mm}^2} = 1,299 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 18,824 \cdot 1,299}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0034$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$0,0035 < 0,0034 < 0,0203$ (Tidak Memenuhi)

dinaikkan 30% = $1,3 \times 0,0034 = 0,0044$

ρ dinaikkan 30% $> \rho_{min}$

$0,0044 > 0,0035$. maka digunakan ρ_{min} .

$\rho_{perlu} = \rho_{min} = 0,0035$

Luasan perlu (As perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 602,700 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar

$$A_t = 72,584 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik + luasan tulangan puntir

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s + A_t$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 602,700 + 72,584$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 675,284 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik

Menggunakan tulangan D16 As = 201,062 mm²

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{675,284}{201,062}$$

$$n = \frac{675,284}{201,062}$$

$$n = 3,36 \approx 6 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 6 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 1206,372 \text{ mm}^2$$

Syarat:

$$A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$$

$$1206,372 > 675,284 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (A_s') Tulangan Lentur Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.1, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$A_{s' \text{ perlu}} = 0,3 \times A_{s \text{ perlu}}$$

$$A_{s' \text{ perlu}} = 361,911 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan

$$n = \frac{A_{s' \text{ perlu}}}{\frac{\text{Luas tul lentur}}{361,911}}$$

$$n = \frac{201,062}{361,911}$$

$$n = 1,8 \approx 6 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 6 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 1206,372 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$$

$$1206,372 > 361,911 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{tarik}} = \frac{b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{tarik}} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (6 \times 16)}{6 - 1}$$

$$S_{\text{tarik}} = 30,8 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$30,8 \leq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{tekan} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{\frac{n-1}{6-1}}$$

$$S_{tekan} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (6 \times 16)}{6-1}$$

$$S_{tekan} = 30,8 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$30,8 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur

Untuk kekuatan lentur pada balok boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut. $M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$.

SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.(1)

Pengecekan sesuai peraturan tersebut dilakukan dengan meninjau pada tulangan pasang rencana

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{lentur}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 6 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 1206,372 \text{ mm}^2$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{lentur}$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 6 \times 201,062$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 1206,372 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$1206,372 \geq \frac{1}{3} \times 1206,372$$

$$1206,372 \geq 402,12 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$A_s \text{ pakai tulangan tarik} = 6D16 = 1206,372 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai tulangan tekan} = 6D16 = 1206,372 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1206,372 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350}$$

$$a = 64,880 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 64,880 \text{ mm}$$

$$= 482548,632 \text{ N}$$

$$Cs' = A_{s \text{ pakai}} \times f_y$$

$$= 1206,372 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 482548,632 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$= \left(482548,632 \text{ N} \times \left(492 \text{ mm} - \frac{64,880 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$+ (482548,632 \text{ N} \times (492 \text{ mm} - 58 \text{ mm}))$$

$$= 431186037,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{n \text{ perlu}} = M_n$$

$$M_{n \text{ perlu}} = 110048222 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{n \text{ pasang}} > M_{n \text{ perlu}}$$

$$431186037,4 > 110048222 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka dipasang tulangan lentur sloof 35/55 untuk daerah tumpuan kanan adalah sebagai berikut :

Tulangan lentur tarik susun 1 lapis

Lapis 1 = 6 D 16

Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 6 D 16

b. Daerah Tumpuan Kiri

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 175068500 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = 194520555,56 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = -211580890 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{ns} > 0 \rightarrow \text{maka perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0 \rightarrow \text{maka tidak perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0$$

$$-211580890 \leq 0$$

\rightarrow tidak memerlukan tulangan lentur tekan

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan lentur tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{358746333,33 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times 242064 \text{ mm}^2} = 2,296 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 18,824 \cdot 2,296}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0061$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$$0,0035 < 0,0061 < 0,0203 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\rho_{perlu} = 0,0061$$

Luasan perlu (As perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 1048,504 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar

$$A_t = 72,584 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik + luasan tulangan puntir

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s + A_t$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 1048,504 + 72,584$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 1121,089 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik

Menggunakan tulangan D16 As = 201,062 mm²

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{1121,089}{201,062}$$

$$n = 5,58 \approx 6 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang

$$A_s \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_s \text{ pasang} = 6 \times 201,062$$

$$A_s \text{ pasang} = 1206,372 \text{ mm}^2$$

Syarat:

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$1206,372 > 1121,089 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (A_s') Tulangan Lentur Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.1, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$A_s' \text{ perlu} = 0,3 \times A_s \text{ perlu}$$

$$A_s' \text{ perlu} = 361,91 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan

$$n = \frac{A_s' \text{ perlu}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{361,91}{201,062}$$

$$n = 1,8 \approx 6 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang

$$A_s \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_s \text{ pasang} = 6 \times 201,062$$

$$A_s \text{ pasang} = 1206,372 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$1206,372 > 361,91 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{tarik} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tarik} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (6 \times 16)}{6 - 1}$$

$$S_{tarik} = 30,8 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$30,8 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{tekan} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tekan} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (6 \times 16)}{6 - 1}$$

$$S_{tekan} = 30,8 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$30,8 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur

Untuk kekuatan lentur pada balok boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut. M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times$ M lentur tumpuan (-).

SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.(1)

Pengecekan sesuai peraturan tersebut dilakukan dengan meninjau pada tulangan pasang rencana

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 6 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 1206,372 \text{ mm}^2$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 6 \times 201,062$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 1206,372 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$1206,372 \geq \frac{1}{3} \times 1206,372$$

$$1206,372 \geq 402,1 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$A_{s \text{ pakai tulangan tarik}} = 6D16 = 1206,372 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_{s \text{ tulangan tarik}} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1206,372 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350}$$

$$a = 64,880 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$= 0,85 \times 200 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 64,880 \text{ mm}$$

$$= 482548,6316 \text{ N}$$

$$Cs' = A_{s \text{ pakai}} \times f_y$$

$$= 1206,372 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$= 482548,6316 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d'))$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(482548,6316 \text{ N} \times \left(492 \text{ mm} - \frac{64,880 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\
 &\quad + (482548,6316 \text{ N} \times (492 \text{ mm} - 58 \text{ mm})) \\
 &= 431186037 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_{n \text{ perlu}} = M_n$$

$$M_{n \text{ perlu}} = 194520555,56 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{n \text{ pasang}} > M_{n \text{ perlu}}$$

$$431186037 > 194520555,56 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka dipasang tulangan lentur sloof 35/55 untuk daerah tumpuan kiri adalah sebagai berikut :

Tulangan lentur tarik susun 1 lapis

Lapis 1 = 6 D 16

Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 6 D 16

c. Daerah Lapangan

Momen lentur nominal (M_n)

$$M_u = 147456500 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = 163840556 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = -242260890 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{ns} > 0 \rightarrow \text{maka perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0 \rightarrow \text{maka tidak perlu tulangan lentur tekan}$$

$$M_{ns} \leq 0$$

$$-242260890 \leq 0$$

→ tidak memerlukan tulangan lentur tekan

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan lentur tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{185709556 \text{ Nmm}}{350 \text{ mm} \times 240590,25 \text{ mm}^2} = 1,934 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18,824} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 18,824 \cdot 1,934}{400} \right)} \right)$$

$$\rho = 0,0051$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$$0,0035 < 0,0051 < 0,0203 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\rho_{perlu} = 0,0051$$

Luasan perlu (As perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 874,302 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar

$$A_t = 72,584 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik + luasan tulangan puntir

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s + A_t$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 874,302 + 72,584$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 946,887 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik

Menggunakan tulangan D16 $A_s = 201,062 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{946,887}{201,062}$$

$$n = 4,71 \approx 5 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 5 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 1005,310 \text{ mm}^2$$

Syarat:

$$A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$$

$$1005,310 > 946,887 \text{ (Memenuhi)}$$

Luasan Pasang (A_s') Tulangan Lentur Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.1, luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik.

$$A'_{s \text{ perlu}} = 0,3 \times A_{s \text{ perlu}}$$

$$A'_{s \text{ perlu}} = 301,59 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan

$$n = \frac{A'_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tul lentur}}$$

$$n = \frac{301,59}{201,062}$$

$$n = 1,50 \approx 2 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 2 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 402,124 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$$

$$1005,310 > 301,59 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat:

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu lapis}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{tarik} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tarik} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 16)}{5 - 1}$$

$$S_{tarik} = 42,5 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$42,5 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{tekan} = \frac{b - (2 \times t_{selimut}) - (2 \times D_{geser}) - (n \times D_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{tekan} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 16)}{5 - 1}$$

$$S_{tekan} = 42,5 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} \geq S_{syarat \text{ agregat}}$$

$$42,5 \geq 25 \text{ (Memenuhi)}$$

Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur

Untuk kekuatan lentur pada balok boleh lebih kecil dari sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua

muka-muka kolom di kedua ujung komponen tersebut. $M_{\text{lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$.

SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.(1)

Pengecekan sesuai peraturan tersebut dilakukan dengan meninjau pada tulangan pasang rencana

$$A_{s \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luas} D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 5 \times 201,062$$

$$A_{s \text{ pasang}} = 1005,310 \text{ mm}^2$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = n \text{ pasang} \times \text{luas} D_{\text{lentur}}$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 5 \times 201,062$$

$$A_{s' \text{ pasang}} = 1005,310 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$1005,310 \geq \frac{1}{3} \times 1005,310$$

$$1005,310 \geq 335,10 (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Kemampuan Penampang

$$A_{s \text{ pakai tulangan tarik}} = 5D16 = 1005,310 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_{s \text{ tulangan tarik}} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1005,310 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350}$$

$$a = 54,067 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times b \times f_c' \times a \\ &= 0,85 \times 350 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 54,067 \text{ mm} \\ &= 402123,8597 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{s \text{ pakai}} \times f_y \\ &= 1005,310 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$= 402123,8597 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + (Cs' \times (d - d')) \\ &= \left(402123,8597 \text{ N} \times \left(492 \text{ mm} - \frac{54,067 \text{ mm}}{2} \right) \right) \\ &\quad + (402123,8597 \text{ N} \times (492 \text{ mm} - 58 \text{ mm})) \\ &= 361495864 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_{n \text{ perlu}} = M_n$$

$$M_{n \text{ perlu}} = 163840556 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$M_{n \text{ pasang}} > M_{n \text{ perlu}}$$

$$361495864 > 163840556 \text{ (Memenuhi)}$$

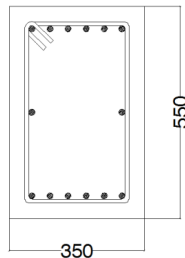
Maka dipasang tulangan lentur sloof 35/55 lapangan adalah sebagai berikut :

Tulangan lentur tarik susun 1 lapis

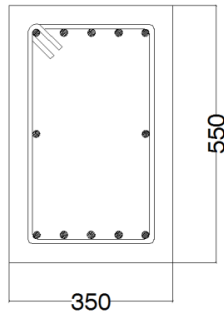
Lapis 1 = 5 D 16

Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 5 D 16



Gambar 4.46 : Kebutuhan Tulangan Tumpuan Balok S1



Gambar 4.47 : Kebutuhan Tulangan Lapangan Balok S1

4.8.4 Perhitungan Penulangan Geser

Momen Nominal Kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri dengan luasan tulangan sebagai berikut :

As pasang tulangan tarik = 6 D 16 = 1206,372 mm²

As pasang tulangan tekan = 6 D 16 = 1206,372 mm²

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tarik} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1206,372 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350}$$

$$a = 64,88 \text{ mm}$$

$$M_{nL} = A_s \text{ tul tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nL} = 1206,372 \times 400 \times \left(492 - \frac{64,88}{2}\right)$$

$$M_{nL} = 221759931,32 \text{ Nmm}$$

Momen Nominal Kanan

Momen nominal kanan diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan dengan luasan tulangan sebagai berikut :

$$\text{As pasang tulangan tarik} = 6 \text{ D } 16 = 1206,372 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pasang tulangan tekan} = 6 \text{ D } 16 = 1206,372 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tekan} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1206,372 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350}$$

$$a = 64,88 \text{ mm}$$

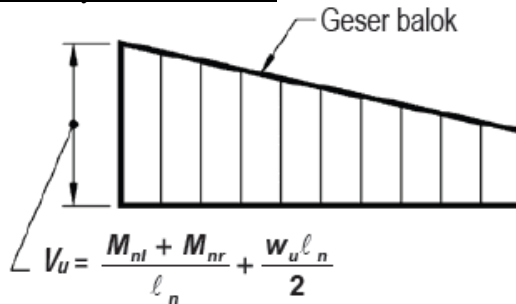
$$M_{nR} = A_s \text{ tul tekan} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nR} = 1206,372 \times 400 \times \left(492 - \frac{64,88}{2}\right)$$

$$M_{nR} = 221759931,32 \text{ Nmm}$$

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat dari 1,2D + 1L + 0,3Ex + 1Ey Analisa SAP2000 didapatkan :
Gaya geser terfaktor (V_u) = 193447,6 N

Pembagian Wilayah Geser Balok



Gambar 4.48 : Perencanaan Geser untuk Balok SRPMM

Dalam perhitungan tulangan geser (senggang) pada balok, wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (SNI 2847:2013 Pasal 21.3)
- Wilayah 2 (daerah lapangan) , dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke ½ bentang balok.

Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa (SNI 2847:2013).

$$\sqrt{f_c'} < \frac{25}{3}$$

$$5 < 8,333 \text{ (Memenuhi)}$$

Kuat Geser Beton (SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1)

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_c = 0,17 \times 1 \times 25 \times 350 \times 492$$

$$V_c = 146370 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 350 \text{ mm} \times 492 \text{ mm}$$

$$= 57400 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 350 \text{ mm} \times 492 \text{ mm}$$

$$= 287000 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 350 \text{ mm} \times 492 \text{ mm}$$

$$= 574000 \text{ N}$$

Penulangan Geser Balok

1. Pada Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3)

$$V_{u1} = \left(\frac{M_{nL} + M_{nR}}{L_n} \right) + \left(\frac{W_u + L_n}{2} \right)$$

$$V_{u1} = \left(\frac{M_{nL} + M_{nR}}{L_n} \right) + V_u$$

$$V_{u1} = \left(\frac{221759931,32 \text{ Nmm} + 221759931,32 \text{ Nmm}}{5650 \text{ mm}} \right) + 193447,6 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 271946,69 \text{ N}$$

Penulangan Geser Baloka. Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 271946,694 \text{ N}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$271946,69 \text{ N} \leq 54888,75 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$54888,75 \text{ N} \leq 271946,69 \text{ N} \leq 109777,50 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 3

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{smin}) \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$109777,50 \text{ N} \leq 271946,69 \text{ N} \leq 152827,50 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 4

$$\phi(V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{smax}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$152827,50 \text{ N} \leq 271946,69 \text{ N} \leq 325027,50 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi Geser 5

$\emptyset(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2V_{s_{max}}) \rightarrow$ Perlu tulangan geser
 $325027,50 \text{ N} \leq 271946,69 \text{ N} \leq 540277,50 \text{ N}$
 (Tidak Memenuhi)

Berdasarkan analisis termasuk dalam kondisi 4 maka selanjutnya perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Kondisi 4

Membutuhkan tulangan geser

$$V_s = \frac{(V_{u1} - \emptyset V_c)}{\emptyset}$$

$$V_s = \frac{(271946,69 - 109777,50)}{0,75}$$

$$V_s = 216225,59 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser diameter 10 mm dengan jumlah kaki 2

$$n_{kaki} = 2$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times d^2 \times n_{kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 10^2 \times 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{S_{perlu}}}$$

$$= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \times \frac{240 \text{ N}}{\text{mm}^2} \times 492 \text{ mm}}{216225,59 \text{ N}}$$

$$= 85,8 \text{ mm, dipakai } 100 \text{ mm}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 5

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.2})$$

$$100 \text{ mm} \leq \frac{492 \text{ mm}}{2}$$

$$100 \text{ mm} \leq 246 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$S_{max} \leq 300$$

$$100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

e. $d/4$

f. Delapan kali diameter tulangan longitudinal

g. 24 kali diameter sengkang

h. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan

e. $S_{pakai} < d/4$

$$100 \text{ mm} < 123 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi persyaratan})$$

f. $S_{pakai} < 8 \times D \text{ lentur}$

$$100 \text{ mm} < 128 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi persyaratan})$$

g. $S_{pakai} < 24 \times D \text{ sengkang}$

$$100 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi persyaratan})$$

h. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$

$$100 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi persyaratan})$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$ untuk daerah tumpuan.

b. Pada Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

(SNI 2847:2013 Pasal 21.3)

$$\frac{V_{u2}}{0,5L_n - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5L_n}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times 0,5L_n - 2h}{0,5L_n}$$

$$V_{u2} = \frac{271946,69 \times (0,5 \times 5650 - 2 \times 550)}{0,5 \times 5650}$$

$$V_{u2} = 166055,944 \text{ N}$$

Cek Kondisi:

Kondisi Geser 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan geser}$$

$$166055,944 \text{ N} \leq 54888,750 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$54888,750 \text{ N} \leq 166055,944 \text{ N} \leq 109777,5 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 3

$$\phi \times V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow \text{Tulangan geser minimum}$$

$$109777,5 \text{ N} \leq 166055,944 \text{ N} \leq 152827,5 \text{ N}$$

(Tidak memenuhi)

Kondisi Geser 4

$$\phi(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{max}}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$152827,5 \text{ N} \leq 166055,944 \text{ N} \leq 325027,5 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi Geser 5

$$\phi(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{max}}) \rightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$325027,5 \text{ N} \leq 166055,944 \text{ N} \leq 540277,53 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Berdasarkan analisis termasuk dalam kondisi 4 maka selanjutnya perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Kondisi 4

Membutuhkan tulangan geser

$$V_s = \frac{(V_{u2} - \phi V_c)}{\phi}$$

$$V_s = \frac{(166055,944 - 109777,5)}{0,75}$$

$$V_s = 75037,93 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser diameter 10 mm dengan jumlah kaki 2

$$n_{kaki} = 2$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times d^2 \times n_{kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 10^2 \times 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$S_{perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{S_{perlu}}}$$

$$= \frac{157,08 \text{ mm}^2 \times \frac{240 \text{ N}}{\text{mm}^2} \times 492 \text{ mm}}{75037,93 \text{ N}}$$

$$= 247,2 \text{ mm, dipakai } 150 \text{ mm}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- c. Sengkang harus dispasikan tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang balok (lapangan)

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(3))

Cek persyaratan

- e. $S_{pakai} < d/2$
 $150 \text{ mm} < 246 \text{ mm}$ (memenuhi persyaratan)

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$ untuk daerah lapangan.

4.8.5 Panjang Penyaluran

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik di hitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm untuk batang tulangan D19 dan yang lebih kecil

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = faktor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{25}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_d = 610 \text{ mm} = 650 \text{ mm}$$

syarat : $l_d > 300 \text{ mm} \rightarrow 610 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ (memenuhi)

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik adalah $650 \text{ mm} = 0,65 \text{ m}$

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm, dan diambil dari nilai yang terbesar dari persamaan berikut :

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \text{ dan } l_{dc} = 0,043 f_y \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.3.1)

Dimana :

l_{dc} = Panjang penyaluran tulangan kondisi tekan

d_b = Diameter tulangan

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 307,2 \text{ mm} \quad \dots \dots \text{Persamaan 1}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 275,2 \text{ mm} \quad \dots \dots \dots \text{Persamaan 2}$$

Maka yang diambil adalah persamaan 1 dengan nilai l_d 307,2 mm = 350 mm

syarat : $l_{dc} > 200 \text{ mm} \rightarrow 307,2 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$ (memenuhi)

Maka untuk panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan adalah 350 mm = 0,35 m

$$\text{Panjang kait} = 4d_b + 4d_b = 128 \text{ mm} = 130 \text{ mm}$$

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung dengan panjang penyaluran tidak boleh kurang dari $8d_b$ dan 150 mm.

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.5.1)

Dimana :

l_{dh} = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Kontrol antar persamaan

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 307,2 \text{ mm} = 350 \text{ mm}$$

syarat :

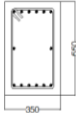

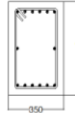
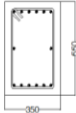

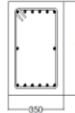
- $l_{dh} > 150 \text{ mm} \rightarrow 307,2 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$ (memenuhi)
- $l_{dh} > 8d_b \text{ mm} \rightarrow 307,2 \text{ mm} > 128 \text{ mm}$ (memenuhi)

Maka untuk panjang penyaluran tulangan dalam adalah 350 mm = 0,35 m.

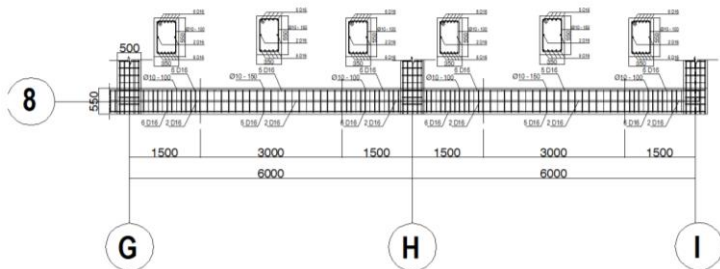
Diujung balok, tulangan harus masuk ke dalam kolom eksterior sejauh l_{dh} dan dibentuk kait 90° diujungnya. Panjang kait dibuat tidak kurang dari 12db.

$$12d_b = 12 \times 16 = 192 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

4.8.6 Gambar Penulangan

TYPE	S1		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LANTAI			
LANTAI 1			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	6 D16	5 D16	6 D16
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	6 D16	5 D16	6 D16
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm

Gambar 4.49 : Detail Tulangan Sloof S1



Gambar 4.50 : Detail Penulangan Balok S1 As 8/G-I

4.9 Perhitungan Bestat Tulangan

Volume pembesian dari gedung pasar 4 lantai ini ditinjau dari dua portal, yaitu portal memanjang dan melintang, yang setiap portalnya terdiri dari *sloof*, balok dan kolom.

4.9.1 Perhitungan Volume Pembesian *Sloof*

Perhitungan volume pembesian *sloof* dan balok dibedakan menjadi 2 macam, pembesian tulangan utama dan pembesian sengkang, berikut ini adalah contoh perhitungannya.

Perhitungan pembesian *sloof* as 1 (A-B)

Lebar *sloof* (B) = 0,35 m

Tinggi *sloof* (H) = 0,55 m

D tulangan :

Tulangan atas = 16 mm = 0,016 m

Tulangan sengkang = 10 mm = 0,010 m

Tulangan bawah = 16 mm = 0,016 m

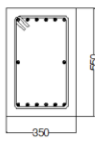
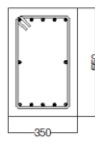
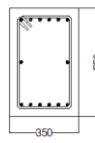
Tulangan tengah = 16 mm = 0,016 m

Cover = 40 mm = 0,040 m

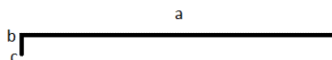
n tulangan atas = 6 buah

n tulangan bawah = 6 buah

n tulangan samping = 2 buah

LANTAI	TYPE	S1		
		TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LANTAI 1				
B X H		350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS		6 D16	5 D16	6 D16
TULANGAN PINGGANG		2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH		6 D16	5 D16	6 D16
SENGKANG		Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm

Gambar 4.51 : Detail Tulangan Sloof

Tulangan utama atas (menerus)

Gambar 4.52 : Potongan Tulangan Sloof Sisi Atas

Diketahui :

Bentang Balok (L) = 6 m

Bentang Bersih Balok (Ln) = 6 m – 0,5 m = 5,5 m

$$\begin{aligned}
 a &= \text{bentang bersih balok} + (l_{dh}) \\
 &= 5,5 \text{ m} + (0,35 \text{ m}) \\
 &= 5,85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

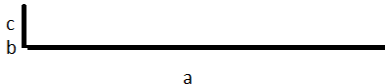
$$\begin{aligned}
 b &= \frac{1}{4} \times [\pi(4db)] \\
 &= \frac{1}{4} \times [\pi(4 \times 0,016)] \\
 &= 0,0503 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= 12 \times db \\
 &= 12 \times 0,016 \text{ m} \\
 &= 0,192 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= a + b + c + (1/2 \times b \text{ kolom}) \\
 &= 5,85 \text{ m} + 0,0503 \text{ m} + 0,192 \text{ m} + (1/2 \times 0,5 \text{ m})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6,3423 \text{ m} = 6,34 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= 6,34 \text{ m} \times 5 \text{ buah} \\
 &= 31,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tulangan utama bawah (menerus)



Gambar 4.53 : Potongan Tulangan Sloof Sisi Bawah

Diketahui :

Bentang Balok (L) = 6 m

Bentang Bersih Balok (Ln) = 6 m – 0,5 m = 5,5 m

$$\begin{aligned}
 a &= \text{bentang bersih balok} + (l_{dh}) \\
 &= 5,5 \text{ m} + (0,35 \text{ m}) \\
 &= 5,85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

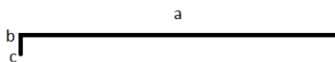
$$\begin{aligned}
 b &= \frac{1}{4} \times [\pi(4db)] \\
 &= \frac{1}{4} \times [\pi(4 \times 0,016)] \\
 &= 0,0503 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= 8 \times db \\
 &= 8 \times 0,016 \text{ m} \\
 &= 0,128 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= a + b + c + (1/2 \times b \text{ kolom}) \\
 &= 5,85 \text{ m} + 0,0503 \text{ m} + 0,128 \text{ m} + (1/2 \times 0,5) \text{ m} \\
 &= 6,2783 \text{ m} = 6,28 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total} &= 6,28 \text{ m} \times 5 \text{ buah} \\
 &= 31,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tulangan tarik (tumpuan kiri)



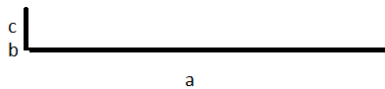
Gambar 4.54 : Potongan Tulangan Tarik Sloof Tumpuan Kiri

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{dh}} + L_{\text{penyaluran tekan bs}} \\
 &= 1,5 \text{ m} + (0,35 \text{ m} - 0,25 \text{ m}) + 0,65 \text{ m} \\
 &= 2,25 \text{ m} \\
 b &= \frac{1}{4} x [\pi(4db)] \\
 &= \frac{1}{4} x [\pi(4 \times 0,016)] \\
 &= 0,0503 \text{ m} \\
 c &= 12 \times d \\
 &= 12 \times 0,016 \text{ m} \\
 &= 0,192 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= a + b + c \\
 &= 2,25 \text{ m} + 0,0503 \text{ m} + 0,192 \text{ m} \\
 &= 2,4923 \text{ m} = 2,49 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang total} = 2,49 \text{ m} \times 1 \text{ buah} = 2,49 \text{ m}$$

Tulangan tekan (tumpuan kiri)

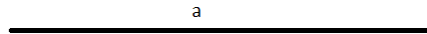


Gambar 4.55 : Potongan Tulangan Tekan Sloof Tumpuan Kiri

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{dh}} + L_{\text{penyaluran tekan bs}} \\
 &= 1,5 \text{ m} + (0,35 \text{ m} - 0,25 \text{ m}) + 0,35 \text{ m} \\
 &= 1,95 \text{ m} \\
 b &= \frac{1}{4} x [\pi(4db)] \\
 &= \frac{1}{4} x [\pi(4 \times 0,016)] \\
 &= 0,0503 \text{ m} \\
 c &= 8 \times d \\
 &= 8 \times 0,016 \text{ m} \\
 &= 0,128 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= a + b + c \\
 &= 1,95 \text{ m} + 0,0503 \text{ m} + 0,128 \text{ m} \\
 &= 2,1283 \text{ m} = 2,13 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= 2,13 \text{ m} \times 1 \text{ buah} \\
 &= 2,13 \text{ m}
 \end{aligned}$$

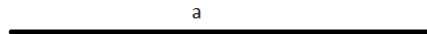
Tulangan tarik (tumpuan kanan)



Gambar 4.56 : Potongan Tulangan Tarik Sloof Tumpuan Kanan

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{penyaluran tekan bs}} \\
 &= 1,5 \text{ m} + 0,65 \text{ m} \\
 &= 2,15 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= 1,65 \text{ m} \times 1 \text{ buah} \\
 &= 2,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tulangan tekan (tumpuan kanan)



Gambar 4.57 : Potongan Tulangan Tekan Sloof Tumpuan Kanan

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + L_{\text{penyaluran tarik bs}} \\
 &= 1,5 \text{ m} + 0,35 \text{ m} \\
 &= 1,85 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= 1,85 \text{ m} \times 1 \text{ buah} \\
 &= 1,85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

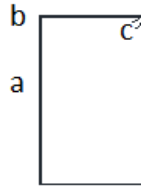
Tulangan torsi



Gambar 4.58 : Potongan Tulangan Torsi Sloof

$$\begin{aligned}
 L &= L_{\text{balok}} \\
 &= 6 \text{ m} \\
 \text{Panjang total} &= 6 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\
 &= 12 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tulangan sengkang



Gambar 4.59 Potongan Tulangan Sengkang Sloof

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \text{lebar balok} - (2 \times \text{cover}) \\
 &= 0,35 \text{ m} - (2 \times 0,04) \\
 &= 0,27 \text{ m} \\
 a_2 &= \text{tinggi balok} - (2 \times \text{cover}) \\
 &= 0,55 \text{ m} - (2 \times 0,04) \\
 &= 0,47 \text{ m} \\
 b &= \frac{90^\circ}{360^\circ} \times 2\pi r \\
 &= \frac{90^\circ}{360^\circ} \times 2\pi (4 \times 0,010) \\
 &= 0,063 \text{ m} \\
 c &= 0,075 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 2a_1 + 2a_2 + 4b_1 + 2c \\
 &= 2 \times (0,27 \text{ m}) + 2 \times (0,47 \text{ m}) + 4 \times (0,063 \text{ m}) + \\
 &\quad 2 (0,075 \text{ m}) \\
 &= 1,882 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Banyak sengkang tumpuan} &= \frac{\frac{6 \text{ m}}{4 \text{ m}} + \frac{0,5 \text{ m}}{2 \text{ m}} + \left(50 \frac{\text{mm}}{1000}\right)}{0,1 \text{ m}} \times 2 \\
 &= 24 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Banyak sengkang lapangan} &= \frac{\frac{6 \text{ m}}{2 \text{ m}}}{0,15} + 1 = 21 \text{ buah} \\ \text{Total banyak sengkang} &= 24 + 21 = 45 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang total} &= 1,882 \text{ m} \times 45 \text{ buah} \\ &= 84,69 \text{ m} \\ \text{Panjang tulangan D10} &= 84,69 \text{ m} \\ &= 84,69 \text{ m}/12\text{m} \\ &= 7,0575 \text{ lonjor} \approx 8 \text{ lonjor}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang tulangan D16} &= 31,7 \text{ m} + 31,4 \text{ m} + 2,49 \text{ m} + \\ &\quad 2,13 \text{ m} + 2,15 \text{ m} + 1,85 \text{ m} \\ &= 71,72 \text{ m} \\ &= 71,72 \text{ m}/12 \text{ m} \\ &= 5,977 \text{ lonjor} \approx 6 \text{ lonjor}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang tulangan D16} &= 12 \text{ m} \\ &= 12 \text{ m} / 12\text{m} \\ &= 1 \text{ lonjor}\end{aligned}$$

4.9.2 Rekapitulasi Volume Pembesian Dua Portal

Dengan perhitungan seperti cara yang telah dijelaskan sebelumnya, dihitung pula untuk tulangan balok *sloof* pada bentang selanjutnya. Maka, diperoleh volume total tulangan *sloof* yang dibutuhkan untuk portal memanjang sebagai berikut :

Diameter	Total lonjor	Berat (kg)
16	59	1022,544
10	52	377,604

Dan berikut volume total tulangan *sloof* untuk portal melintang:

Diameter	Total lonjor	Berat (kg)
16	53	908,298
10	42	310,968

Selanjutnya dengan perhitungan seperti cara yang telah dijelaskan sebelumnya, dihitung pula untuk tulangan balok yang lain mulai dari balok lantai 2 hingga balok lantai atap dan kolom dalam satu portal saja. Maka, diperoleh volume total tulangan *sloof*, balok, dan kolom yang dibutuhkan dalam satu portal memanjang sebagai berikut :

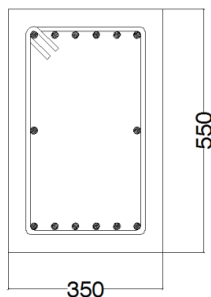
No	Struktur	B x H	Dia. besi	Total kebutuhan	
				Lonjor	Berat (kg)
1	<i>Sloof</i> (S1)	35/55	16	59	1022,544
			10	52	377,604
2	B1A (LT 2)	35/55	19	47	1148,616
			16	10	170,424
			10	54	370,200
3	B1A (LT 3)	35/55	19	47	1148,616
			16	10	170,424
			10	54	370,200
4	B1A (LT 4)	35/55	19	38	988,344
			16	10	170,424
			10	54	370,200
5	B1A (LT Atap)	35/55	19	35	854,784
			16	10	170,424
			10	54	370,200
6	K1 (LT 1- 4)	50/50	19	243	6491,016
			10	108	799,632

Dan diperoleh volume total tulangan *sloof*, balok, dan kolom yang dibutuhkan dalam satu portal melintang sebagai berikut :

No	Struktur	B x H	Dia. besi	Total kebutuhan	
				Lonjor	Berat (kg)
1	<i>Sloof</i> (S1)	35/55	16	53	908,928
			10	42	310,968
2	B1A (LT 2)	35/55	19	43	988,344
			16	9	151,488
			10	48	340,584

3	B1A (LT 3)	35/55	19	43	988,344
			16	9	151,488
			10	48	340,584
4	B1A (LT 4)	35/55	19	35	881,496
			16	8	151,488
			10	46	340,584
5	B1A (LT Atap)	35/55	19	30	694,512
			16	9	151,488
			10	48	340,584
6	K1 (LT 1- 4)	50/50	19	216	5769,792
			10	96	710,784

4.9.3 Perhitungan Volume Beton Pada Sloof



Gambar 4.60 : Elemen Sloof

Selain menghitung volume pembesian untuk satu portal memanjang dan melintang, juga dilakukan perhitungan volume beton untuk satu portal memanjang dan melintang. Volume beton ini akan digunakan untuk menghitung rasio antara volume pembesian dan volume beton apakah sudah sesuai atau belum. Berikut ini penjelasan dari perhitungan volume beton untuk elemen *sloof*.

Diketahui :

Perhitungan pembesian *sloof* as 1 (A-B)

Lebar *sloof* (B) = 0,35 m

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi } sloof (H) &= 0,55 \text{ m} \\
 \text{Bentang } sloof (L) &= 6 \text{ m} \\
 \text{Dimensi kolom (BxH)} &= 0,50 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Volume beton elemen } sloof \\
 &= B \times H \times L_{bersih} \\
 &= 0,35 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \times (6 \text{ m} - (2 \times 0,25 \text{ m})) \\
 &= 1,059 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Volume beton elemen } sloof \text{ untuk satu portal memanjang} \\
 &= 1,059 \text{ m}^3 \times 8 \text{ buah} = 8,470 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Volume beton elemen } sloof \text{ untuk satu portal melintang} \\
 &= 1,059 \text{ m}^3 \times 7 \text{ buah} = 7,411 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4.9.4 Rekapitulasi Volume Beton Dua Portal

Dengan perhitungan seperti cara yang telah dijelaskan sebelumnya, dihitung pula untuk volume beton pada balok dan kolom. Maka, diperoleh volume total beton pada *sloof*, balok, dan kolom yang dibutuhkan untuk satu portal memanjang sebagai berikut :

No.	Struktur	Volume Beton (m ³)
1	<i>Sloof</i>	8,470
2	Balok	35,035
3	Kolom	38,363
Total Volume		81,868

Dan diperoleh volume total beton pada *sloof*, balok, dan kolom yang dibutuhkan untuk satu portal melintang sebagai berikut :

No.	Struktur	Volume Beton (m ³)
1	<i>Sloof</i>	7,411
2	Balok	30,800
3	Kolom	34,100
Total Volume		72,311

Setelah didapatkan volume total penulangan dan volume beton pada *sloof*, balok, dan kolom, dapat dicari rasio antara volume penulangan dan volume beton pada setiap struktur tersebut. Dibawah ini merupakan rasio untuk portal memanjang.

No.	Struktur	Kebutuhan Penulangan (kg)	Volume Beton (m ³)	Rasio (kg/m ³)
1	<i>Sloof</i>	1400,148	8,470	165,307
2	Balok	6302,856	35,035	179,902
3	Kolom	7290,648	38,363	190,046

Dan dibawah ini merupakan rasio untuk portal melintang.

No.	Struktur	Kebutuhan Penulangan (kg)	Volume Beton (m ³)	Rasio (kg/m ³)
1	<i>Sloof</i>	1219,896	7,411	164,601
2	Balok	5520,984	30,800	179,253
3	Kolom	6480,576	34,100	190,046

4.10 Metode Pelaksanaan pada Elemen Kolom

4.10.1 Perancangan Struktur Kolom

Kolom merupakan struktur utama dari bangunan portal dimana berfungsi memikul beban vertikal, beban horisontal, serta beban momen yang berasal dari beban tetap maupun sementara. Dimensi kolom memiliki ukuran lebih besar daripada dimensi struktur lainnya. Untuk merencanakan dimensi kolom dapat dihitung dengan menggunakan preliminari desain. Selanjutnya menyiapkan bahan dan peralatan yang dibutuhkan juga menyiapkan lahan yang akan dipasang kolom tersebut.

4.10.2 Penulangan Kolom



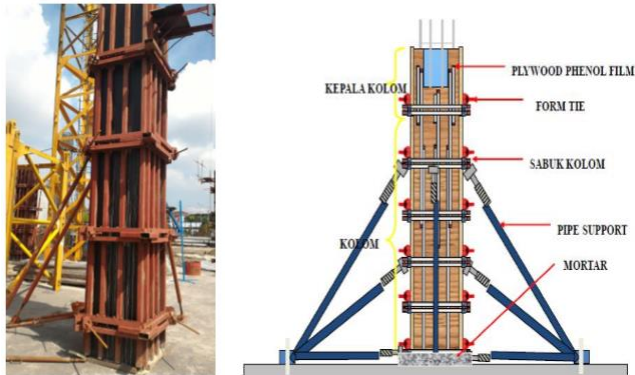
Gambar 4.61 : Tulangan Kolom

Tulangan yang telah dipabrikasi akan dirakit oleh pekerja menjadi tulangan kolom. Perakitan tulangan kolom dilakukan secara *pre cast* dan dikerjakan di sekitar area proyek. Perakitan tulangan tersebut dilakukan secara manual. Sebelumnya, dipastikan tulangan pile cap telah terpasang di as tersebut. Berikut merupakan tahapan perakitan tulangan untuk kolom :

- Perakitan tulangan harus sesuai dengan gambar kerja.
- Pemasangan tulangan utama sesuai dengan diameter yang telah ditentukan di gambar kerja.
- Sebelum dipasang sengkang dan tulangan kait, terlebih dahulu diberi tanda dengan jarak yang telah ditentukan pada tulangan utama dengan menggunakan kapur atau sejenisnya.
- Lalu, mulailah pemasangan sengkang. Setiap pertemuan antara tulangan utama dengan sengkang diikat oleh kawat dengan sistem silang serta diberi ties untuk lebih memperkuat kolom tersebut.

- Setelah tulangan *pre cast* selesai dirakit, tulangan tersebut diangkat oleh *tower crane* untuk dibawa ke tempat yang akan dipasang kolom sesuai dengan titik yang sudah ditentukan di gambar kerja.
- Ketika tulangan *pre cast* sudah terpasang pada posisi yang tepat, langkah selanjutnya yaitu pemasangan beton decking setebal 40 mm. Beton tersebut berfungsi sebagai selimut beton.

4.10.3 Pemasangan Bekisting Kolom



Gambar 4.62 : Bekisting Kolom

Setelah pemasangan tulangan *pre cast* kolom selesai, langkah selanjutnya adalah pemasangan bekisting kolom. Bekisting dipasang dengan jarak tertentu sesuai dengan gambar konstruksi. Untuk pemasangan bekisting kolom digunakan panel dari multiplek dengan perkuatan baja agar dapat digunakan berulang kali. Pemasangan bekisting kolom dilakukan oleh pekerja spesialisasi bekisting panel dengan baja.

Tebal multiplek yang digunakan untuk bekisting kolom tersebut yaitu setebal 18 mm. Lalu, terdapat sabuk untuk mengikat bekisting dan beberapa pipa hollow yang

tegak lurus untuk menahan bekisting agar tidak bocor saat pengecoran. Bekisting kolom terdiri dari 4 sisi yang dimana dapat diatur dimensinya sesuai dengan ukuran kolom yang direncanakan. Tiap 2 sisi bekisting dapat didirikan dengan bantuan *tower crane* lalu disatukan dengan baut pada salah satu sudutnya. Pada bagian dalam bekisting dilumuri dengan minyak khusus bekisting untuk memudahkan dalam pelepasan bekisting. Setelah bekisting kolom terpasang, dilakukan pengecekan ketegaklurusan bekisting kolom dengan menggunakan unting-unting yang diikat dengan benang.

4.10.4 Pengecoran Struktur Kolom



Gambar 4.63 : Pengecoran Kolom dengan Bucket Cor

Sebelum pengecoran dilakukan, dilakukan persiapan meliputi hal berikut :

1. Semua peralatan untuk pencampuran dan pengangkutan beton harus bersih;
2. Semua sampah atau kotoran harus dibersihkan dari cetakan bekisting yang akan diisi beton;
3. Cetakan harus dilapisi minyak bekisting dengan benar;

4. Tulangan harus benar-benar bersih dari lapisan yang berbahaya;
5. Air harus dikeringkan dari tempat pengecoran sebelum beton dicor kecuali bila *tremie* digunakan atau kecuali bila sebaliknya diizinkan oleh petugas bangunan;
6. Semua material halus dan material lunak lainnya harus dibersihkan dari permukaan beton sebelum beton tambahan dicor terhadap beton yang telah mengeras.

Pembersihan tersebut dilakukan dengan menggunakan *compressor* maupun secara manual dilakukan oleh pekerja dengan cara mengambil kotoran-kotoran tersebut. Selanjutnya, pengawas akan melakukan pemeriksaan apakah keadaan di lapangan sudah sesuai dengan perencanaan yang diinginkan atau tidak.

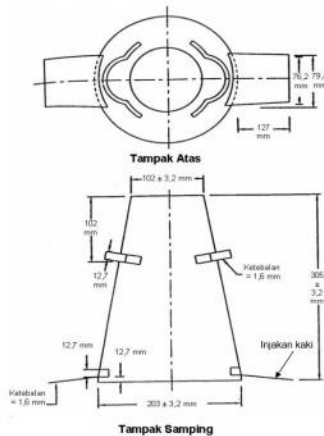
Pengecoran kolom menggunakan beton *ready mix* yang nantinya akan diletakkan di *bucket cor* yang berkapasitas $0,8 \text{ m}^3$ dan disalurkan dengan bantuan pipa *tremie*. Beton dari *concrete mixer truck* dialirkan ke *bucket cor* melalui corong pada truk. *Bucket cor* yang telah terisi kemudian diangkat dan diarahkan dengan *tower crane* menuju ke as kolom yang akan dicor. Selanjutnya, pekerja dan operator *tower crane* akan menyesuaikan posisi pipa *tremie* agar beton dapat dialirkan dengan tepat ke kolom tersebut. Penuangan beton harus dilakukan sedekat-dekatnya dengan maksimum tinggi jatuh 1,5 m. Penuangan dengan tinggi jatuh lebih dari 1,5 m akan menyebabkan agregat-agregat yang lebih berat jatuh terlebih dahulu dan menimbulkan segregasi. Selama *ready mix* dimasukkan ke dalam bekisting kolom, *vibrator* dihidupkan. Lalu, setelah dilakukan pengecoran selama 5-10 menit, *vibrator* masih tetap dihidupkan supaya beton pada kolom tersebut benar-benar padat.

Untuk pengecoran kepala kolom biasanya dikerjakan bersamaan dengan pengecoran balok. Fungsi dari kepala kolom yaitu sebagai pengunci antara kolom dengan balok melintang maupun memanjang. Lalu, pada saat dilakukan pemasangan bekisting pada kepala kolom, di bagian bawah dari bekisting tersebut diberi *spons* yang berfungsi untuk menjaga agar air semen tidak turun kebagian badan kolom saat dilakukan pengecoran. Pada saat pengecoran, bagian kepala kolom paling lama untuk digetarkan dengan *vibrator* agar beton tersebut benar-benar padat.

4.10.5 Slump Test

Sebelum dilakukan pengecoran, dilakukanlah *slump test* terlebih dahulu. Fungsi dari *slump test* ini adalah untuk mengetahui apakah beton yang akan digunakan untuk pengecoran sudah sesuai atau belum dengan mutu beton yang sudah ditentukan oleh pihak proyek. Berikut ini alat dan bahan untuk melakukan *slump test* sesuai dengan SNI 1972:2008 :

1. Beton segar (*fresh concrete*) yang diambil langsung dari molen.
2. Kerucut terpancung (kerucut yang bagian runcingnya hilang) sebagai cetakan *slump*. Untuk ukuran kerucut terpancung sendiri sesuai dengan SNI 1972:2008 tentang Cara Uji Slump Beton, diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, dan tinggi 305 mm. Untuk permukaan dasar dan permukaan atas kerucut harus terbuka dan sejajar satu sama lain serta tegak lurus terhadap sumbu kerucut. Batas toleransi untuk masing-masing diameter dan tinggi kerucut harus dalam rentang 3,2 mm dari ukuran yang telah ditetapkan.



Gambar 4.64 : Cetakan untuk Uji Slump
(Kerucut Abram)

3. Batang penusuk yang terbuat dari baja dengan penampang lingkaran dengan diameter 16 mm dan panjang batang ± 600 mm, memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan diameter 16 mm.
4. Pelat logam rata dan kedap air sebagai alas.
5. Sendok adukan.
6. Pita ukur.

Cara melakukan *slump test* sesuai dengan SNI 1972:2008 sebagai berikut :

- Siapkan peralatan dan beton segar (*fresh concrete*) yang akan digunakan untuk melakukan *slump test*.
- Basahi cetakan dan letakkan di atas permukaan datar, lembab, tidak menyerap air, dan kaku.
- Letakkan cetakan di atas pelat.
- Isi $\frac{1}{3}$ cetakan dengan beton segar, padatkan secara merata beton tersebut dengan batang logam dan dengan cara menusuk-nusuk sebanyak 25-30 kali.

- e. Setelah selesai, isi $\frac{1}{3}$ bagian berikutnya (menjadi terisi $\frac{2}{3}$ bagian) lalu padatkan beton tersebut secara merata dengan batang logam dan dengan cara menusuk-nusuk sebanyak 25-30 kali.



Gambar 4.65 : Pemadatan Beton

- f. Lalu isi $\frac{1}{3}$ bagian lagi (kali ini menjadi $\frac{3}{3}$ bagian), lakukan hal yang sama seperti pada tahapan nomor e.
- g. Setelah selesai dipadatkan, ratakan permukaan beton tersebut dengan sendok adukan.



Gambar 4.66 : Pengangkatan Cetakan Kerucut

- h. Cetakan diangkat perlahan secara tegak lurus ke atas secara perlahan.
- i. Ukur nilai slump dengan membalikkan kerucut di sebelah benda uji dengan menggunakan perbedaan tinggi rata-rata dari benda uji tersebut. Perhitungan nilai slump yaitu :

$$\text{Nilai slump} = \text{tinggi alat slump} - \text{tinggi beton setelah terjadi penurunan.}$$
- j. Untuk toleransi nilai slump dari beton segar yaitu hingga ketelitian 5 mm.
- k. Jika nilai slump sudah memenuhi standar, maka beton tersebut dapat digunakan.

4.10.6 Pembuatan Benda Uji Silinder

Selain dilakukan *slump test*, dilakukan juga pembuatan benda uji dengan beton segar tersebut. Tujuan dari pembuatan benda uji tersebut adalah untuk mengetahui kekuatan tekan beton tersebut. Benda uji beton ini berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm – 30 cm. Menurut SNI 2847:2013 pasal 5.3.1.1 poin (c) yaitu benda uji harus terdiri dari sekurang-kurangnya 30 hasil pengujian berurutan atau dua kelompok pengujian berurutan yang jumlahnya sekurang-kurangnya 30 hasil pengujian seperti yang ditetapkan dalam 5.6.2.4, kecuali sebagaimana yang ditentukan dalam 5.3.1.2.

Silinder harus diuji pada umur 28 hari atau pada umur uji yang ditetapkan untuk penentuan f_c' menurut SNI 2847:2013 pasal 5.6.2.4. Silinder uji yang dirawat di lapangan harus dicetak pada waktu yang bersamaan dan dari adukan beton yang sama seperti yang digunakan untuk silinder uji yang dirawat di laboratorium sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 5.6.4.3. Benda uji harus dikondisikan lembab dengan penyimpanan dalam kantung atau tempat kedap air, lalu dikirim ke laboratorium dan

diuji. Benda uji harus diuji tidak lebih awal dari 48 jam dan tidak lebih lambat dari 7 hari setelah pengambilan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 5.6.5.3. Untuk menentukan faktor modifikasi untuk deviasi standar benda uji dapat dilihat pada tabel 5.3.1.2 seperti berikut :

Tabel 4.7 : Faktor Modifikasi untuk Deviasi Standar Benda Uji jika Jumlah Pengujian Kurang dari 30

Jumlah Pengujian	Faktor Modifikasi untuk Deviasi Standar Benda Uji
Kurang dari 15	Gunakan Tabel 5.3.2.2
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00
Interpolasi untuk jumlah pengujian yang berada di antara nilai-nilai di atas. Deviasi standar benda uji yang dimodifikasi, S_s , yang digunakan untuk menentukan kekuatan rata-rata yang disyaratkan f_{cr} dari 5.3.2.1.	

Untuk kekuatan tekan rata-rata perlu (f'_{cr}) yang digunakan sebagai dasar pemilihan proporsi campuran beton harus ditentukan sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 4.8 Kekuatan Tekan Rata-Rata Perlu bila Data Tersedia untuk Menetapkan Deviasi Standar Benda Uji

Kekuatan Tekan Disyaratkan, MPa	Kekuatan Tekan Rata-Rata Perlu, MPa
$f_c' \leq 35$	Gunakan nilai terbesar yang dihitung dari Pers. (5-1) dan (5-2) $f'_{cr} = f_c' + 1,34S_s$ (5-1) $f'_{cr} = f_c' + 2,33S_s - 3,5$ (5-2)
$f_c' > 35$	Gunakan nilai terbesar yang dihitung dari Pers. (5-1) dan (5-3)

	$f'_{cr} = f'_{c'} + 1,34S_s$	(5-1)
	$f'_{cr} = 0,90f'_{c'} + 2,33S_s$	(5-3)

Alat dan bahan untuk melakukan pembuatan benda uji beton silinder, yaitu :

1. Cetakan dari baja berbentuk silinder masing-masing 4 buah.
2. Meja penggetar.
3. Pisau perata.
4. Sendok.
5. Bak perendam atau karung basah.
6. Alat bantu lainnya.

Prosedur percobaan pembuatan benda uji silinder, yaitu :

- a. Cetakan terlebih dahulu dibersihkan dan dilumasi dengan minyak.
- b. Adukan dimasukkan ke dalam cetakan dngan menggunakan sendok semen dan dipadatkan dengan meletakkan cetakan diatas meja penggetar sampai permukaan adukan beton terlihat basah dan tidak ada gelembung udara yang naik ke permukaan.
- c. Permukaan adukan diratakan dengan menggunakan pisau perata.
- d. Setelah itu setiap cetakan diberi tanda serta dicatat tanggal percobaannya.

Menurut SNI 2847:2013 pasal 5.6.2.1 dikatakan bahwa benda uji untuk kekuatan setiap mutu beton yang dicor setiap hari harus diambil dari tidak kurang dari sekali sehari, atau tidak kurang dari sekali untuk setiap 110 m^3 beton, atau tidak kurang dari sekali untuk setiap 460 m^3 luasan permukaan lantai atau dinding. Untuk mengetahui berapa banyak benda uji yang dibuat yaitu sebagai berikut :

Diketahui :

- Volume pengecoran beton kolom = $360,75 \text{ m}^3$

- Kapasitas pengecoran beton = $130 \text{ m}^3/\text{hari}$

- Jumlah hari yang dibutuhkan untuk mengecor semua kolom pada satu gedung :

$$\frac{\text{Volume pengecoran beton kolom}}{\text{Kapasitas pengecoran beton}} = \frac{360,75 \text{ m}^3}{130 \text{ m}^3/\text{hari}} = 2,78 \text{ hari}$$

(dibulatkan menjadi 3 hari untuk mengecor semua kolom).

- Kapasitas truk molen untuk mengangkut beton = 7 m^3

- Jumlah truk yang dibutuhkan untuk pengecoran dalam satu hari :

$$\frac{\text{Kapasitas pengecoran beton}}{\text{Kapasitas truk molen}} = \frac{130 \text{ m}^3/\text{hari}}{7 \text{ m}^3} = 18,57 \text{ truk}$$

(dibulatkan menjadi 19 truk untuk dalam 1 hari pengecoran).

- Sehingga dalam 1 hari, beton yang dibawa oleh 19 truk molen untuk pengecoran yaitu :

$$= 19 \text{ truk} \times 7 \text{ m}^3 = 133 \text{ m}^3$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 5.6.2.1, setiap hari dibuat minimal satu benda uji untuk setiap minimal 110 m^3 . Dikarenakan kapasitas pengecoran beton $130 \text{ m}^3/\text{hari}$, maka jumlah benda uji yang dibutuhkan adalah :

$$\frac{\text{Kapasitas pengecoran beton}}{\text{Kapasitas minimal menurut SNI}} = \frac{130 \text{ m}^3}{110 \text{ m}^3} = 1,2$$

$$\approx 2$$

(dibulatkan menjadi 2 benda uji yang dibuat per satu hari).

- Untuk 3 hari pengecoran = 3 hari x 2 benda uji
= 6 benda uji

Jadi, didapatkan 6 buah benda uji yang dibuat untuk pengujian kuat tekan beton dengan ukuran silinder standard yaitu 150 mm x 300 mm.

Benda uji yang sudah jadi tersebut kemudian siap digunakan untuk keperluan tes beton. Dengan membuat benda uji yang tepat, diharapkan dapat mendapatkan ketelitian yang maksimal dalam melakukan tes beton sehingga beton yang digunakan sebagai bahan bangunan benar-benar mempunyai kriteria serta kekuatan beton yang sesuai dengan apa yang direncanakan.

4.10.7 Pembongkaran Bekisting Kolom



Gambar 4.67 : Pembongkaran Bekisting Kolom oleh Pekerja

Pembongkaran bekisting kolom dilakukan setelah 24 jam pasca pengecoran. Jika pembongkaran dilakukan sebelum waktu pengikatan pada beton menjadi sempurna (kurang dari *setting time* yang diisyaratkan), maka akan terjadi kerusakan atau cacat pada beton tersebut. Karena

beton kolom tersebut tidak langsung menerima beban besar (momen akibat beban sendiri termasuk kecil), maka pembongkaran bekistingnya lebih cepat dibandingkan pembongkaran bekisting pada elemen balok dan pelat lantai. Pembongkaran dilakukan dengan mengendorkan baut-baut pada bekisting tersebut lalu melepas pipa penyangga dari bekisting tersebut. Pembongkaran bekisting dilakukan dengan bantuan *tower crane*. Setelah berhasil dilepas, bekisting dipindahkan ke tempat penyimpanan sementara untuk dibersihkan dan dioleskan *oil form*. Selanjutnya dipindahkan ke lokasi as kolom lain yang akan dipasang bekisting dengan bantuan *tower crane*. Bekisting untuk kolom ini dapat digunakan hingga tiga kali pengecoran.

4.10.8 Perawatan Beton Kolom

Perawatan beton pada kolom untuk mengatasi pengeringan dini dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Menutup permukaan beton dengan menggunakan bahan lembaran kedap air seperti plastik untuk mencegah kehilangan kelembaban air permukaan beton. Beton harus dalam keadaan basah permukaan pada saat lembaran kedap air ini dipasang. Lembaran ini harus aman untuk tidak terbang atau berpindah saat tertiup angin dan apabila ada kerusakan atau robek harus segera diperbaiki selama periode perawatan berlangsung.
2. Dengan menggunakan sistem *curing compound*. Caranya dengan membasahi permukaan kolom menggunakan cairan khusus yang dioleskan secara merata (naik turun). Proses ini dilakukan sebanyak 4 kali dalam jangka waktu 3 hari.
3. Bila terdapat permukaan kolom yang keropos, permukaan kolom tersebut dapat dihaluskan dengan

menggunakan acian. Bila di dalam kolom tersebut mengalami keropos yang masih bisa ditolerir, dapat diperbaiki dengan melakukan *grouting* berupa cairan khusus yang diinjeksi dengan menggunakan selang kecil yang dimasukkan ke dalam kolom yang mengalami keropos.

Tujuan utama dari perawatan beton ialah untuk menghindari:

1. Kehilangan zat cair yang banyak pada proses awal pengerasan beton yang akan mempengaruhi proses pengikatan awal beton.
2. Penguapan air dari beton pada saat pengerasan beton pada hari pertama.
3. Perbedaan temperatur dalam beton, yang akan mengakibatkan retak-retak pada beton.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dalam penyusunan tugas akhir, dapat disimpulkan bahwa desain ulang struktur gedung pasar 4 lantai di Pasuruan dapat menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dengan desain komponen struktur adalah sebagai berikut :

Struktur Utama Bangunan

1. Balok

Berikut ini rekapitulasi penulangan balok dan sloof :

No	Tipe Balok		B/H	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Torsi
				Tumpuan		Lapangan		Tump.	Lap.	
				Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
1	Lt. 1	S1	35/55	6D16	6D16	5D16	5D16	Ø10-100	Ø10-150	2D16
2	Lt. 2	B1A	35/55	8D19	3D19	4D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
		B1B	35/55	7D19	3D19	5D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
3	Lt. 3	B1A	35/55	8D19	3D19	4D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
		B1B	35/55	7D19	3D19	5D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
4	Lt. 4	B1A	35/55	6D19	3D19	4D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
		B1B	35/55	6D19	2D19	5D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
5	Lt. At	B1A	35/55	5D19	2D19	4D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16

	ap	B1B	35/55	5D19	2D19	3D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
6		B2	30/40	3D16	2D16	3D16	2D16	Ø8-80	Ø8-150	2D16
7		B3	20/30	5D16	2D16	3D16	2D16	Ø8-60	Ø8-120	-
8		B4	35/55	3D19	2D19	3D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150	2D16
9		B5	30/45	4D16	2D16	3D16	2D16	Ø10-95	Ø10-150	2D13
10		B6	30/45	6D16	2D16	3D16	2D16	Ø8-95	Ø8-150	2D13

2. Kolom

Berikut ini rekapitulasi penulangan kolom :

No	Tipe Kolom	Tulangan Lentur	Tulangan Geser
1	Kolom Lantai 1 50/50	16 D19	Ø10 – 150 mm
2	Kolom Lantai 2 50/50	16 D19	Ø10 – 150 mm
3	Kolom Lantai 3 50/50	12 D19	Ø10 – 150 mm
4	Kolom Lantai 4 50/50	12 D19	Ø10 – 150 mm
5	Kolom Lift 50/50	12 D19	Ø10 – 150 mm

3. Pelat Lantai

Berikut ini rekapitulasi penulangan pelat lantai dengan tebal 12 cm :

No	Tipe Pelat	Arah	Arah X		Arah Y		Tul. Susut		Ket.
			Tump	Lap	Tump	Lap	Arah X	Arah Y	
1	P1	2 arah	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø8-200	Ø8-200	Pelat lantai 2,3,4
2	P2	2 arah	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø8-200	Ø8-200	
3	P3	1 arah	Ø10-150	Ø10-150				Ø8-200	
4	P4	1 arah	Ø10-150	Ø10-150				Ø8-200	
5	P5	1 arah	Ø10-150	Ø10-150				Ø8-200	Pelat kantilever lantai 2,3,4
6	P5	1 arah	Ø10-200	Ø10-200				Ø8-200	Pelat kantilever lantai atap
7	P1	2 arah	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø8-200	Ø8-200	Pelat lantai atap
8	P2	2 arah	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø8-200	Ø8-200	

9	P4	1 arah	Ø10-200	Ø10-200				Ø8-200	
10	P6	1 arah	Ø10-200	Ø10-200				Ø8-200	
11	P7	2 arah	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø8-200	Ø8-200	
12	P8	1 arah	Ø10-200	Ø10-200				Ø8-200	
13	P9	2 arah	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø8-200	Ø8-200	
14	P8	1 arah	Ø10-200	Ø10-200				Ø8-200	Pelat lantai ruang mesin lift

4. Pelat Tangga dan Balok Bordes

Berikut ini rekapitulasi penulangan pelat tangga dan bordes dengan tebal 15 cm :

No	Tipe Tangga/Bordes	Tulangan		Tulangan Susut
		Arah X	Arah Y	
1	Tangga Kecil	Ø12 - 100 mm	Ø12 - 100 mm	Ø10 - 200 mm
2	Tangga Utama Kecil	Ø12 - 100 mm	Ø12 - 100 mm	Ø10 - 200 mm
3	Tangga Utama Besar	Ø12 - 100 mm	Ø12 - 100 mm	Ø10 - 200 mm
4	Bordes Kecil	Ø16 - 70 mm	Ø16 - 70 mm	Ø10 - 200 mm
5	Bordes Utama	Ø12 - 100 mm	Ø12 - 100 mm	Ø10 - 200 mm

5. Kebutuhan Tulangan

Berikut ini rekapitulasi kebutuhan tulangan untuk satu portal memanjang.

No	Struktur	B x H	Dia. besi	Total kebutuhan		Rasio Penulangan (kg/ m ³)
				Lonjor	Berat (kg)	
1	Sloof (S1)	35/55	16	59	1022,544	165,307
			10	52	377,604	
2	B1A (LT 2)	35/55	19	47	1148,616	199,438
			16	10	170,424	
			10	54	370,200	
3	B1A (LT 3)	35/55	19	47	1148,616	199,438
			16	10	170,424	
			10	54	370,200	
4	B1A (LT 4)	35/55	19	38	988,344	180,516
			16	10	170,424	
			10	54	370,200	
5	B1A (LT Atap)	35/55	19	35	854,784	164,747
			16	10	170,424	
			10	54	370,200	
6	K1 (LT 1- 4)	50/50	19	243	6491,016	190,046
			10	108	799,632	

Juga berikut ini rekapitulasi kebutuhan tulangan untuk satu portal melintang.

No	Struktur	B x H	Dia. besi	Total kebutuhan		Rasio Penulangan (kg/ m ³)
				Lonjor	Berat (kg)	
1	Sloof (S1)	35/55	16	53	908,928	164,601
			10	42	310,968	
2	B1A (LT 2)	35/55	19	43	988,344	199,753
			16	9	151,488	
			10	48	340,584	
3	B1A	35/55	19	43	988,344	199,753

	(LT 3)		16 10	9 48	151,488 340,584	
4	B1A (LT 4)	35/55	19 16 10	35 8 46	881,496 151,488 340,584	185,336
5	B1A (LT Atap)	35/55	19 16 10	30 9 48	694,512 151,488 340,584	160,106
6	K1 (LT 1- 4)	50/50	19 10	216 96	5769,792 710,784	190,046

6. Rasio Penulangan

Berikut rekapitulasi rasio penulangan untuk satu portal memanjang.

No.	Struktur	Volume Beton (m ³)	Kebutuhan Penulangan (kg)	Rasio Penulangan (kg/m ³)
1	Sloof	8,470	1400,148	165,307
2	Balok	35,035	6302,856	179,902
3	Kolom	38,363	7290,648	190,046
Total		81,868	14993,652	178,418

Juga berikut ini rekapitulasi volume beton untuk satu portal melintang.

No.	Struktur	Volume Beton (m ³)	Kebutuhan Penulangan (kg)	Rasio Penulangan (kg/m ³)
1	Sloof	7,411	1219,896	164,601
2	Balok	30,800	5520,984	179,253
3	Kolom	34,100	6480,576	190,046
Total		72,311	13221,456	177,967

7. Metode Pelaksanaan pada Elemen Kolom

Berikut ini tahapan dari metode pelaksanaan pada elemen kolom :

- Perancangan Struktur Kolom

Perancangan struktur kolom diawali dari tahap persiapan dengan mempersiapkan peralatan yang dibutuhkan untuk perancangan kolom. Selanjutnya menentukan as kolom yang akan direncanakan dengan menggunakan theodolit dan waterpass.

- Penulangan Kolom

Perakitan tulangan kolom dilakukan secara *pre cast* dan dikerjakan di sekitar area proyek. Sebelumnya, dipastikan tulangan pile cap telah terpasang. Setelah tulangan kolom terpasang, diberi beton decking setebal 40 mm.

- Pemasangan Bekisting Kolom

Setelah tulangan kolom terpasang, langkah selanjutnya adalah pemasangan bekisting kolom. Bekisting kolom ini menggunakan multiplek dengan tebal 18 mm. Sebelum bekisting kolom terpasang, bekisting kolom diberi minyak pelumas untuk memudahkan saat pembongkaran bekisting kolom. Setelah bekisting kolom terpasang, dilakukan pengecekan ketegaklurusan bekisting kolom dengan menggunakan unting-unting yang diikat dengan benang.

- Pengecoran Struktur Kolom

Selanjutnya adalah proses pengecoran kolom. Setelah *ready mix* yang dipesan tiba di lokasi pengecoran, beton diambil sampelnya untuk dilakukan pengujian *slump test* dan benda uji silinder untuk tes kuat tekan. Beton ini dibawa dengan *bucket cor* yang berkapasitas $0,8 \text{ m}^3$ dan diangkat dengan bantuan *tower crane* menuju as kolom yang akan dilakukan pengecoran.

- Pembongkaran Bekisting Kolom

Pembongkaran bekisting kolom dilakukan setelah 24 jam pasca pengecoran. Pembongkaran bekisting dilakukan secara manual. Selanjutnya, bekisting yang telah dibongkar diangkat dengan bantuan *tower crane*. Bekisting kolom ini dapat digunakan hingga tiga kali pemakaian.

- Perawatan Beton Kolom

Perawatan beton kolom dengan menggunakan *curing compound* yang berbentuk cairan dengan bahan dasar *synthetic rubber* yang ditambah pelarut dan bahan-bahan yang lain untuk melindungi beton selama masa pengikatan awal dari kehilangan air akibat panas maupun angin dari udara bebas. Penyiraman cairan ini dilakukan 4 kali dalam jangka waktu 3 hari.

5.2 Saran

1. Pengumpulan data perencanaan diusahakan mendapatkannya secara lengkap mulai dari gambar arsitek dan gambar struktur asli dari pihak pemilik data dan juga data tanah sebagai data primer untuk perencanaan perhitungan desain bangunan.
2. Untuk proses perhitungan perencanaan menggunakan referensi yang sesuai dengan keilmuan yang dipelajari dari semester 1 hingga semester 6.
3. Untuk proses penentuan preliminari desain struktur bangunan primer dan sekunder harus mempertimbangkan efisiensi dari ukuran yang digunakan terlebih kemudahan dalam pelaksanaan di lapangan.
4. Pertahankan apa yang telah dikerjakan selama perhitungan tersebut sesuai dengan peraturan yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI)*. Bandung: Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung (PPIUG)*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Husin, Nur Ahmad. 2015. *Struktur Beton*. Sidoarjo: Zifitama Publisher.
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung:ITB.
- Vis, W.C. dan Gideon Kusuma. 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*. Jakarta:Erlangga.
- Wang, C.K. dan C.G. Salmon. 1990. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta:Erlangga. Edisi Keempat Jilid 1.
- Wang, C.K. dan C.G. Salmon. 1990. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta:Erlangga. Edisi Keempat Jilid 2

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

- Brosur Plafond dan Dinding Partisi
Plafond : Kalsiboard Ling 6.0
Dinding Partisi : Kalsi Part 8

NOVEMBER 2014

Daftar Harga **Kalsi**
Papan Bergambar Bebas Asbes

ARTISTIKA 100% BEBAS ASBES
Papan Bergambar Bebas Asbes

KalsiReta 3* Plafon

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
3.0	1000	1000	4.3	15,700
3.0	500	1000	2.2	8000
3.0	1000	2000	8.6	34,550
3.0	500	2000	4.3	15,850

Kalsiboard Ling 3.5* Plafon

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
3.5	1200	2440	14.4	62,800
3.5	1200	2400	13.9	60,400

Kalsiboard Ling 4.5* Plafon

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
4.5	1200	2440	19.0	85,550
4.5	1200	2400	18.4	83,350

Kalsiboard Ling 6* Plafon

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
6.0	1200	2440	25.4	122,350
6.0	1200	2700	27.6	132,550
6.0	1200	3000	30.7	148,600

Kalsiboard Ling 6-R2* Plafon

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
6.0	1200	2440	25.4	125,550
6.0	1200	2400	24.5	120,800
6.0	1200	2700	27.6	135,900
6.0	1200	3000	30.7	149,850

Kalsiboard Ling 6-R4* Plafon

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
6.0	1200	2440	25.4	126,800
6.0	1200	2400	24.5	122,050

*Kursi yang dipakai berdasarkan pasaran

KalsiPart 8* Partisi

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
8.0	1200	2700	27.6	137,200
8.0	1200	3000	30.7	152,500

KalsiPart 8-R2* Partisi

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
8.0	1200	2440	34.8	164,850
8.0	1200	2400	33.6	158,600
8.0	1200	2700	37.8	178,400
8.0	1200	3000	42.1	198,150

KalsiPart 8-R4* Partisi

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
8.0	1200	2440	34.8	169,000
8.0	1200	2400	33.6	162,650
8.0	1200	2700	37.8	183,000
8.0	1200	3000	42.1	202,100

KalsiCid 10* Dinding luar

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
10	1200	2440	41.6	204,000
10	1200	2400	42.1	200,100
10	1200	2700	47.3	225,100
10	1200	3000	52.6	250,100

KalsiCid 12* Dinding luar

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	1200	2440	52.2	251,850
12	1200	2400	50.5	242,450
12	1200	2700	56.8	272,550
12	1200	3000	63.1	303,150

KalsiQua 8* Papan aplikasi Basah

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
8.0	1200	2400	33.6	209,400

KalsiFloor 20* Lantai

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
20	1200	2400	84.11	553,000

*Kursi yang dipakai berdasarkan pasaran

KalsiPlank 8* Siding plank & listplank

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
8.0	200	2400	5.6	31,500
8.0	200	3000	7.0	39,250
8.0	300	2400	8.4	47,150
8.0	300	3000	10.5	58,950

KalsiPlank 8-Jati* Siding plank & listplank

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
8.0	200	2400	5.6	33,000
8.0	200	3000	7.0	41,350
8.0	300	2400	10.5	62,000

KalsiPlank 12* Siding plank & listplank

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)	Harga (Rupiah)
12	200	2400	8.4	46,450
12	200	3000	10.5	57,900
12	300	2400	12.6	69,350
12	300	3000	15.8	86,700

Produk pelengkap untuk pengikatan & penyelesaian akhir papan Kalsi*

AKSESORIS BARU

KalsiFuring MCR* 0.4x45x19x4000 millimeter (mm) batang 27,650

KalsiFuring MJC* 80.35x15 millimeter (mm) buah 2,200

KalsiFuring AMP* 0.55x20x20x4000 millimeter (mm) batang 14,850

KalsiFuring LB* 40x30x20 millimeter (mm) buah 1,850

KalsiFrame MT-51* 0.45x51x25x3000 millimeter (mm) batang 26,750

KalsiFrame MS-51* 0.45x51x35x3000 millimeter (mm) batang 35,000

KalsiNali 3-4.5* #5 x 1 inch 3000 buah/dos** 82,500

KalsiScrew CE* #6 x 1 inch 1800 buah/dos** 118,800

KalsiScrew PC* #6 x 1 inch 1800 buah/dos** 136,500

KalsiScrew FL* #8 x 1 1/4 inch 1000 buah/dos** 286,000

KalsiType FG-50* 50mmx50m Roll 28,750

KalsiKampan IN-F* 20 Kilogram (Kg) Zak 75,800

*Kursi yang dipakai berdasarkan pasaran **penjualan aksesoris NAL & SCREW per kemasan 10 das

- ASCE 7 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures

TABLE C3-1
MINIMUM DESIGN DEAD LOADS*

Component	Load (kN/m ²)	Component	Load (kN/m ²)
CEILINGS			
Acoustical fiberboard	0.05	Decking, 51 mm wood (Douglas fir)	0.24
Gypsum board (per mm thickness)	0.008	Decking, 76 mm wood (Douglas fir)	0.38
Mechanical duct allowance	0.19	Fiberboard, 13 mm	0.04
Plaster on tile or concrete	0.24	Gypsum sheathing, 13 mm	0.10
Plaster on wood lath	0.38	Insulation, roof boards (per mm thickness)	
Suspended steel channel system	0.10	Cellular glass	0.0013
Suspended metal lath and cement plaster	0.72	Fibrous glass	0.0021
Suspended metal lath and gypsum plaster	0.48	Fiberboard	0.0028
Wood furring suspension system	0.12	Perlite	0.0015
COVERINGS, ROOF, AND WALL		Polystyrene foam	0.0004
Asbestos-cement shingles	0.19	Urethane foam with skin	0.0009
Asphalt shingles	0.10	Plywood (per mm thickness)	0.006
Cement tile	0.77	Rigid insulation, 13 mm	0.04
Clay tile (for mortar add 0.48 kN/m ²)		Skylight, metal frame, 10 mm wire glass	0.38
Book tile, 51 mm	0.57	Slate, 5 mm	0.34
Book tile, 76 mm	0.96	Slate, 6 mm	0.48
Ludowici	0.48	Waterproofing membranes:	
Roman	0.57	Bituminous, gravel-covered	0.26
Spanish	0.91	Bituminous, smooth surface	0.07
Composition:		Liquid applied	0.05
Three-ply ready roofing	0.05	Single-ply, sheet	0.03
Four-ply felt and gravel	0.26	Wood sheathing (per mm thickness)	0.0057
Five-ply felt and gravel	0.29	Wood shingles	0.14
Copper or tin	0.05	FLOOR FILL	
Corrugated asbestos-cement roofing	0.19	Cinder concrete, per mm	0.017
Deck, metal, 20 gage	0.12	Lightweight concrete, per mm	0.015
Deck, metal, 18 gage	0.14	Sand, per mm	0.015
		Stone concrete, per mm	0.023

(continued)

- Bata Ringan



CV. ANUGERAH AJITAMA

SUPPLIER MATERIAL BANGUNAN

No. Telp : (031) 8959416 / 082220524447

Fax : (031) 8959416

Email : anugerahajitama@gmail.com

► SPESIFIKASI TEKNIK

REGULAR BLOK



Panjang, L (mm)	: 600	Berat jenis normal, (kg/m³)	: 550
Tinggi, H (mm)	: 200	Kuat tekan, (N/mm²)	: ≥ 4.0
Tebal, W (mm)	: 75, 100, 125, 150, 175, 200	Dimensi per palet (meter)	: 1.00 x 1.20
Berat jenis kering, (kg/m³)	: 490		

TEBAL	mm	75	100	125	150	175	200
Volume	M³	1.80	1.80	1.80	1.80	1.68	1.92
Jumlah Blok / Palet	blok	200	150	120	100	80	80
Isi / M³	blok	111.11	83.33	66.67	55.56	44.44	44.44
Berat per Palet (tanpa Palet)	Kg	990	990	990	990	924	1.056
Tinggi Kemasan (Termasuk Palet)	Mtr	1.61	1.61	1.61	1.61	1.51	1.71

JUMBO BLOK



Panjang, L (mm)	: 600	Berat jenis normal, (kg/m³)	: 550
Tinggi, H (mm)	: 400	Kuat tekan, (N/mm²)	: ≥ 4.0
Tebal, W (mm)	: 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250	Dimensi per palet (meter)	: 1.20 x 1.20
Berat jenis kering, (kg/m³)	: 490		

TEBAL	mm	75	100	125	150	175	200	250
Volume	M³	1.73	1.73	1.62	1.73	1.51	1.73	1.44
Jumlah Blok / Palet	blok	96	72	54	48	36	36	24
Isi / M³	blok	53.33	40.00	30.00	26.67	20.00	20.00	13.33
Berat per Palet (tanpa Palet)	Kg	950	950	891	950	832	950	792
Tinggi Kemasan (Termasuk Palet)	Mtr	1.31	1.31	1.24	1.31	1.16	1.31	1.11

INTERLOCKING BLOK



Panjang, L (mm)	: 600	Berat jenis normal, (kg/m³)	: 550
Tinggi, H (mm)	: 200	Kuat tekan, (N/mm²)	: ≥ 4.0
Tebal, W (mm)	: 150, 200	Dimensi per palet (meter)	: 1.00 x 1.20
Berat jenis kering, (kg/m³)	: 490		

TEBAL	mm	150	200
Volume	M³	1.80	1.92
Jumlah Blok / Palet	blok	100	80
Isi / M³	blok	55.56	41.67
Berat per Palet (tanpa Palet)	Kg	990	1.056
Tinggi Kemasan (Termasuk Palet)	Mtr	1.61	1.71



LeichtBric
Autoclaved Aerated Concrete

- Brosur Railing Tangga

Tabel berat pipa stainless ornamen(kg)

Ø(in)	tebal(mm)				
	0,8	1	1,2	1,5	2
0,5	1,42634352	1,7529642	2,0675988	2,5170768	3,2062764
0,625	1,80690156	2,22866175	2,63843586	3,230623125	4,1576715
0,75	2,1874596	2,7043593	3,20927292	3,94416945	5,1090666
1	2,94857568	3,6557544	4,35094704	5,3712621	7,0118568
1,25	3,70969176	4,6071495	5,49262116	6,79835475	8,914647
1,5	4,47080784	5,5585446	6,63429528	8,2254474	10,8174372
2	5,99304	7,4613348	8,91764352	11,0796327	14,6230176
2,5	7,51527216	9,364125	11,20099176	13,933818	18,428598
3	9,03750432	11,2669152	13,48434	16,7880033	22,2341784
4	12,08196864	15,0724956	18,05103648	22,4963739	29,8453392

- Brosur Keramik



30 x 30


Plain Colour 30x30 HI


Plain Colour 30x30 BK


Plain Colour 30x30 HI


Streak 30x30 GR


Streak 30x30 BL


Streak 30x30 PL


Fancy 30x30 HI


Fancy 30x30 GR


Fancy 30x30 HI


Fancy 30x30 PL


Fancy 30x30 HI


Fancy 30x30 GR


Fancy 30x30 HI


Fancy 30x30 PL


Fancy 30x30 HI


Fancy 30x30 GR


Aesthetic 30x30 HI


Aesthetic 30x30 GR


Aesthetic 30x30 HI


Aesthetic 30x30 PL


Aesthetic 30x30 HI


Aesthetic 30x30 GR


Aesthetic 30x30 HI


Aesthetic 30x30 PL


Aesthetic 30x30 HI


Aesthetic 30x30 GR


Aesthetic 30x30 HI


Aesthetic 30x30 PL

TECHNICAL DATA
 ARWANA Ceramic Tiles

DESCRIPTION	UNIT	FLOOR TILE ARWANA		UNIT	WALL TILE ARWANA	
		ISO	ISO		ISO	ISO
Size Tolerance	%	± 0.5	± 0.8	%	(-0.2 - (+0.02))	(-0.3 - (+0.8))
Thickness Tolerance	%	± 4.0	± 5.0	%	± 4.0	± 10
Rectangularity	%	± 0.4	± 0.6	%	± 0.3	± 0.3
Straightness of sides	%	± 0.4	± 0.5	%	± 0.3	± 0.3
Curvature						
a. Center Curvature	%	± 0.5	± 0.5	mm	(-0.2 - (+0.8))	(-0.2 - (+0.8))
b. Edge Curvature	%	± 0.5	± 0.5	mm	(-0.2 - (+0.8))	(-0.2 - (+0.8))
c. Warpage	%	± 0.5	± 0.5	mm	0.5	0.5
Modulus of Rupture	kg/cm ²	min 200	180	kg/cm ²	min 200	min 150
Water Absorption	%	6 - 9	6-10	%	>10	>10
Cracking Resistance		Required (3 bar)	Required (3 bar)		Required (3 bar)	Required (3 bar)

Arwana Ceramic tiles packing information

SIZE (cm)	QTY./BOX	M ² /BOX	WT. KG/BOX
20cm x 20cm	25	1	13-14
20cm x 25cm	20	1	12
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5



Contact us :

Head Office
PT. ARWANA CITRAMULLA TM
 Sentra Niaga Puri Indah Blok T2 No. 24
 Kebonjaya Selatan, Jakarta 11610
 Jakarta 11610
 Pns: +62 21 5930 2363
 Fax: +62 21 5930 2361
 E-mail: info@arwanacitra.com
 Website: www.arwanacitra.com

Sole Distributor
PT. PRADAKARAYA KERAMENDO
 Sentra Niaga Puri Indah Blok T5 No. 16-17
 Kebonjaya Selatan, Jakarta 11610
 Pns: +62 21 5935 8118
 Fax: +62 21 5935 8008
 E-mail: info@pgk.arwanacitra.com

Factories

PLANT I :
PT. ARWANA CITRAMULLA (JCM)
 Jl. Raya Pasar Kemis
 Tangerang 15133, Banten
 Pns: +62 21 5903555 Fax: +62 21 5903461
 Email: info@pam.arwanacitra.com

PLANT II :
PT. ARWANA NUANGA KERAMIK (ANK)
 Jl. Raya Gonda, Desa Kilan Kim 09
 Cilande - Serang, Banten
 Pns: +62 254 400365-67 Fax: +62 254 400364
 Email: info@pam.arwanacitra.com

PLANT III :
PT. SINAR KARYA DUTA ARADI (SKDA)
 Jl. Widyatama Anom Raya Km. 33
 Desa Widyatama Anom, Kh. Gendik
 Jawa Timur
 Pns: +62 31 8982225-26 Fax: +62 31 8981679
 Email: info@pda.arwanacitra.com



Untuk pelat lantai menggunakan keramik 40 x 40 cm
 Untuk tangga dan bordes menggunakan keramik 30 x 30 cm

- Brosur Spesi
Digunakan spesi dengan tebal 20 mm.

Keunggulan

Tile Adhesive

1. Mencegah Keramik terangkat (Flexible)
2. Praktis dan Mudah dlm Aplikasi (cukup dicampur air)
3. Tipis - mengurangi beban bangunan (ketebalan : 3-5 mm)
4. Tanpa Pembongkaran Keramik Lama (tile on tile)
5. Kuat menahan beban tekan pada permukaan keramik
6. Aplikasi dapat langsung pada Beton (High Adhesive)

Pengisi Rongga NAT

- Pengisi Rongga NAT :
 - Keramik
 - Granit
 - Marmer
 - Batu Alam
- Bersifat WATERPROOF, cocok untuk :
 - Kolam Renang
 - Kamar Mandi
- Bersifat FLEXIBLE & Anti UV (sbg ruang gerak keramik) cocok untuk lantai dan Dinding



Daya Sebar : 6-8 m²/kg
Adukan = 1 kg : 400 cc air

Kemasan : Kantong 1kg

FK 101

- Pemasangan Keramik, Granit dan Marmer pada :
 - Lantai Keramik (Tile on Tile)
 - Lantai Beton/ Plesteran
- Pemasangan Glass Block
- Pembuatan ALUR MINIMALIS dgn SEROK GIGI




Daya Sebar : 4-6 kg/m²
Adukan = 1 kg : 250 cc air

Kemasan :
Kantong 5kg ; Zak 30kg

FK 111

- Pemasangan Keramik Granit dan Marmer pada :
 - Dinding (Anti Melorot)
 - Langit-langit
 - Balok Beton
- Pemasangan Profil GYPSUM
- Pembuatan ALUR MINIMALIS
- Pemasangan BATU ALAM



Daya Sebar : 4-6 kg/m²
Adukan = 1 kg : 250 cc air

Kemasan :
Kantong 5kg ; Zak 30kg

Perekat Keramik Lantai Perekat Keramik Dinding



E-mail : Lemkra@gmail.com

SPECIALIST

WATER PROOFING


TILE ADHESIVE






Water Proofing
•
Tile Adhesive
•
Repairing
•
Finishing & Coating

GERMANY
T.E.C.H.N.O.L.O.G.Y

- Brosur Acian dan Plesteran




DINDING


◆ Plester D200

- Dipergunakan untuk pekerjaan plester dan pasangan bata.
- Ketebalan aplikasi 8-10 mm
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik.
- Daya sebar/zak $\pm 2-2.5 \text{ m}^2/10\text{mm}$




40kg

Acian dinding dan plester




◆ Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$




30kg



◆ Acian NP S450

- Warna cream
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$
- 5-7 hari bisa langsung di cat




30kg

Acian dinding plester dan beton

◆ SKIMCOAT S200


- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebar/zak $9-12 \text{ m}^2/30 \text{ kg}$



30kg

◆ SKIMKOT PUTIH S500


- Acian putih untuk ekspos dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebar/zak $9-11 \text{ m}^2/20 \text{ kg}$



20kg

◆ Thinbed 101 TB101

- Persekat bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebar/zak $\pm 10-11 \text{ m}^2/3\text{mm}$ (40 kg) (ukuran blok $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$)
- Cepat dalam pengerjaannya




40kg

◆ Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebar/zak $\pm 4.5-6.5 \text{ m}^2/5-8\text{mm}$ (50 kg) (ukuran blok $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$)
- Lebih cepat dan hemat dalam pekerjaan



50kg


Khusus Bata Ringan

Produk lainnya

◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perekat/bonding dinding plester antara permukaan beton.
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, celah pada panel, dll
- Tebal aplikasi 3-15 mm




25kg
40kg

◆ Beton

Beton instan siap pakai


- Tersedia K 175, K 225, K300



50kg

◆ Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar

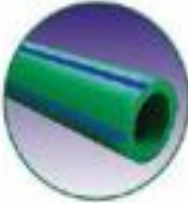


1L

www.drymix.co.id

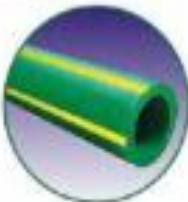
- Brosur Plumbing Air Bersih (Brosur Wavin)

PIPA PN 10



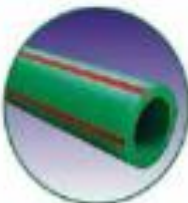
D (mm)	t (mm)	R (mm)	Kode Produk
20	2.3	4000	110020200
25	2.3	4000	110020250
32	2.9	4000	110020320
40	3.7	4000	110020400
50	4.6	4000	110020500
63	5.6	4000	110020630
75	6.8	4000	110020750
90	8.2	4000	110020900
110	10.0	4000	110021100
125	11.4	4000	110021250
160	14.6	4000	110021600

PIPA PN 16



D (mm)	t (mm)	R (mm)	Kode Produk
20	2.8	4000	116020200
25	3.8	4000	116020250
32	4.4	4000	116020320
40	5.5	4000	116020400
50	6.9	4000	116020500
63	8.6	4000	116020630
75	10.5	4000	116020750
90	12.3	4000	116020900
110	15.1	4000	116021100
125	17.1	4000	116021250
160	21.3	4000	116021600

PIPA PN 20



D (mm)	t (mm)	R (mm)	Kode Produk
20	3.4	4000	120020200
25	4.2	4000	120020250
32	5.4	4000	120020320
40	6.7	4000	120020400
50	8.3	4000	120020500
63	10.5	4000	120020630
75	12.6	4000	120020750
90	15.0	4000	120020900
110	18.3	4000	120021100
125	20.8	4000	120021250
160	26.6	4000	120021600

- Brosur Plumbing Air Kotor (Brosur Wavin)

KELAS AW

Diameter		Tebal Dinding (mm)	Panjang (m)	Sistem Penyambungan	Kode Produk
inch	mm				
1/2	22	1,50	4	SC	210022001
3/4	26	1,80	4	SC	210026001
1	32	2,00	4	SC	210032001
1 1/4	42	2,30	4	SC	210042001
1 1/2	48	2,30	4	SC	210048001
2	60	2,30	4	SC	210060001
2 1/2	76	2,60	4	SC	210076001
3	89	3,10	4	SC	210089001
4	114	4,10	4	SC	210114001
5	140	5,40	4	SC	210140001
6	165	6,40	4	SC	210165001
8	216	8,30	4	SC	210216001
10	267	10,30	4	SC	210267001
12	318	12,20	4	SC	210318001

- Brosur Lift

Beban Gempa Per Kolom (Elevasi +4,50)

Elemen	As	Dimensi		A	x'	y'	x'^2	y'^2	Fx,Fy	Mx	My	Fx	Fy
		Lx	Ly	m ²	m	m	m ²	m ²				kg	kg
Kolom 1	A1	0.50	0.50	0.25	-21.329	-21	454.938	441	35057.37	61267.29	484.47	366.878	426.847
Kolom 2	B1	0.50	0.50	0.25	-15.329	-21	234.986	441				383.939	426.847
Kolom 3	C1	0.50	0.50	0.25	-9.329	-21	87.035	441				401.001	426.847
Kolom 4	D1	0.50	0.50	0.25	-3.329	-21	11.084	441				418.062	426.847
Kolom 5	E1	0.50	0.50	0.25	2.671	-21	7.133	441				435.123	426.847
Kolom 6	F1	0.50	0.50	0.25	8.671	-21	75.182	441				452.185	426.847
Kolom 7	G1	0.50	0.50	0.25	14.671	-21	215.230	441				469.246	426.847
Kolom 8	H1	0.50	0.50	0.25	20.671	-21	427.279	441				486.307	426.847
Kolom 9	I1	0.50	0.50	0.25	26.671	-21	711.328	441				503.368	426.847
Kolom 10	A1'	0.50	0.50	0.25	-21.329	-18	454.938	324				366.878	426.945
Kolom 11	B1'	0.50	0.50	0.25	-15.329	-18	234.986	324				383.939	426.945
Kolom 12	A2	0.50	0.50	0.25	-21.329	-15	454.938	225				366.878	427.042
Kolom 13	B2	0.50	0.50	0.25	-15.329	-15	234.986	225				383.939	427.042
Kolom 14	C2	0.50	0.50	0.25	-9.329	-15	87.035	225				401.001	427.042
Kolom 15	D2	0.50	0.50	0.25	-3.329	-15	11.084	225				418.062	427.042
Kolom 16	E2	0.50	0.50	0.25	2.671	-15	7.133	225				435.123	427.042
Kolom 17	F2	0.50	0.50	0.25	8.671	-15	75.182	225				452.185	427.042
Kolom 18	G2	0.50	0.50	0.25	14.671	-15	215.230	225				469.246	427.042
Kolom 19	H2	0.50	0.50	0.25	20.671	-15	427.279	225				486.307	427.042
Kolom 20	I2	0.50	0.50	0.25	26.671	-15	711.328	225				503.368	427.042
Kolom 21	A3	0.50	0.50	0.25	-21.329	-9	454.938	81				366.878	427.237
Kolom 22	B3	0.50	0.50	0.25	-15.329	-9	234.986	81				383.939	427.237
Kolom 23	C3	0.50	0.50	0.25	-9.329	-9	87.035	81				401.001	427.237
Kolom 24	D3	0.50	0.50	0.25	-3.329	-9	11.084	81				418.062	427.237
Kolom 25	E3	0.50	0.50	0.25	2.671	-9	7.133	81				435.123	427.237
Kolom 26	F3	0.50	0.50	0.25	8.671	-9	75.182	81				452.185	427.237
Kolom 27	G3	0.50	0.50	0.25	14.671	-9	215.230	81				469.246	427.237
Kolom 28	H3	0.50	0.50	0.25	20.671	-9	427.279	81				486.307	427.237
Kolom 29	I3	0.50	0.50	0.25	26.671	-9	711.328	81				503.368	427.237
Kolom 30	A4	0.50	0.50	0.25	-21.329	-3	454.938	9				366.878	427.432
Kolom 31	B4	0.50	0.50	0.25	-15.329	-3	234.986	9				383.939	427.432
Kolom 32	C4	0.50	0.50	0.25	-9.329	-3	87.035	9				401.001	427.432
Kolom 33	D4	0.50	0.50	0.25	-3.329	-3	11.084	9				418.062	427.432
Kolom 34	E4	0.50	0.50	0.25	2.671	-3	7.133	9				435.123	427.432
Kolom 35	F4	0.50	0.50	0.25	8.671	-3	75.182	9				452.185	427.432
Kolom 36	G4	0.50	0.50	0.25	14.671	-3	215.230	9				469.246	427.432
Kolom 37	H4	0.50	0.50	0.25	20.671	-3	427.279	9				486.307	427.432
Kolom 38	I4	0.50	0.50	0.25	26.671	-3	711.328	9				503.368	427.432
Kolom 39	A5	0.50	0.50	0.25	-21.329	-2	454.938	5				366.878	427.459
Kolom 40	A'5	0.50	0.50	0.25	-18.329	-2	335.962	5				375.409	427.459
Kolom 41	A6	0.50	0.50	0.25	-21.329	0	454.938	0				366.878	427.529
Kolom 42	A'6	0.50	0.50	0.25	-18.329	0	335.962	0				375.409	427.529
Kolom 43	A7	0.50	0.50	0.25	-21.329	2	454.938	5				366.878	427.599
Kolom 44	A'7	0.50	0.50	0.25	-18.329	2	335.962	5				375.409	427.599
Kolom 45	A8	0.50	0.50	0.25	-21.329	3	454.938	9				366.878	427.626
Kolom 46	B8	0.50	0.50	0.25	-15.329	3	234.986	9				383.939	427.626
Kolom 47	C8	0.50	0.50	0.25	-9.329	3	87.035	9				401.001	427.626
Kolom 48	D8	0.50	0.50	0.25	-3.329	3	11.084	9				418.062	427.626
Kolom 49	E8	0.50	0.50	0.25	2.671	3	7.133	9				435.123	427.626
Kolom 50	F8	0.50	0.50	0.25	8.671	3	75.182	9				452.185	427.626
Kolom 51	G8	0.50	0.50	0.25	14.671	3	215.230	9				469.246	427.626
Kolom 52	H8	0.50	0.50	0.25	20.671	3	427.279	9				486.307	427.626
Kolom 53	I8	0.50	0.50	0.25	26.671	3	711.328	9				503.368	427.626
Kolom 54	A9	0.50	0.50	0.25	-21.329	9	454.938	81				366.878	427.821
Kolom 55	B9	0.50	0.50	0.25	-15.329	9	234.986	81				383.939	427.821
Kolom 56	C9	0.50	0.50	0.25	-9.329	9	87.035	81				401.001	427.821
Kolom 57	D9	0.50	0.50	0.25	-3.329	9	11.084	81				418.062	427.821
Kolom 58	E9	0.50	0.50	0.25	2.671	9	7.133	81				435.123	427.821
Kolom 59	F9	0.50	0.50	0.25	8.671	9	75.182	81				452.185	427.821
Kolom 60	G9	0.50	0.50	0.25	14.671	9	215.230	81				469.246	427.821
Kolom 61	H9	0.50	0.50	0.25	20.671	9	427.279	81				486.307	427.821
Kolom 62	I9	0.50	0.50	0.25	26.671	9	711.328	81				503.368	427.821
Kolom 63	A10	0.50	0.50	0.25	-21.329	15	454.938	225				366.878	428.016
Kolom 64	B10	0.50	0.50	0.25	-15.329	15	234.986	225				383.939	428.016
Kolom 65	C10	0.50	0.50	0.25	-9.329	15	87.035	225				401.001	428.016
Kolom 66	D10	0.50	0.50	0.25	-3.329	15	11.084	225				418.062	428.016
Kolom 67	E10	0.50	0.50	0.25	2.671	15	7.133	225				435.123	428.016
Kolom 68	F10	0.50	0.50	0.25	8.671	15	75.182	225				452.185	428.016
Kolom 69	G10	0.50	0.50	0.25	14.671	15	215.230	225				469.246	428.016
Kolom 70	H10	0.50	0.50	0.25	20.671	15	427.279	225				486.307	428.016
Kolom 71	I10	0.50	0.50	0.25	26.671	15	711.328	225				503.368	428.016
Kolom 72	A10	0.50	0.50	0.25	-21.329	18	454.938	324				366.878	428.113
Kolom 73	B10	0.50	0.50	0.25	-15.329	18	234.986	324				383.939	428.113
Kolom 74	A11	0.50	0.50	0.25	-21.329	21	454.938	441				366.878	428.211
Kolom 75	B11	0.50	0.50	0.25	-15.329	21	234.986	441				383.939	428.211
Kolom 76	C11	0.50	0.50	0.25	-9.329	21	87.035	441				401.001	428.211
Kolom 77	D11	0.50	0.50	0.25	-3.329	21	11.084	441				418.062	428.211
Kolom 78	E11	0.50	0.50	0.25	2.671	21	7.133	441				435.123	428.211
Kolom 79	F11	0.50	0.50	0.25	8.671	21	75.182	441				452.185	428.211
Kolom 80	G11	0.50	0.50	0.25	14.671	21	215.230	441				469.246	428.211
Kolom 81	H11	0.50	0.50	0.25	20.671	21	427.279	441				486.307	428.211
Kolom 82	I11	0.50	0.50	0.25	26.671	21	711.328	441				503.368	428.211
TOTAL				20.5			21546.110	14922.49				35057.37	35057.37

Beban Gempa Per Kolom (Elevasi +0,00)

Elemen	As	Dimensi		A	x'	y'	x'^2	y'^2	Fx,Fy	Mx	My	Fx	Fy
		Lx	Ly	m ²	m	m	m ²	m ²	kg	kgm	kgm	kg	kg
Kolom 1	A1	0.50	0.50	0.25	-21.857	-21	477.735	441				10.459	11.985
Kolom 2	B1	0.50	0.50	0.25	-15.857	-21	251.449	441				10.879	11.985
Kolom 3	C1	0.50	0.50	0.25	-9.857	-21	97.163	441				11.298	11.985
Kolom 4	D1	0.50	0.50	0.25	-3.857	-21	14.878	441				11.718	11.985
Kolom 5	E1	0.50	0.50	0.25	2.143	-21	4.592	441				12.137	11.985
Kolom 6	F1	0.50	0.50	0.25	8.143	-21	66.306	441				12.557	11.985
Kolom 7	G1	0.50	0.50	0.25	14.143	-21	200.020	441				12.976	11.985
Kolom 8	H1	0.50	0.50	0.25	20.143	-21	405.735	441				13.396	11.985
Kolom 9	I1	0.50	0.50	0.25	26.143	-21	683.449	441				13.815	11.985
Kolom 10	A1'	0.50	0.50	0.25	-21.857	-18	477.735	324				10.459	11.986
Kolom 11	B1'	0.50	0.50	0.25	-15.857	-18	251.449	324				10.879	11.986
Kolom 12	A2	0.50	0.50	0.25	-21.857	-15	477.735	225				10.459	11.986
Kolom 13	B2	0.50	0.50	0.25	-15.857	-15	251.449	225				10.879	11.986
Kolom 14	C2	0.50	0.50	0.25	-9.857	-15	97.163	225				11.298	11.986
Kolom 15	D2	0.50	0.50	0.25	-3.857	-15	14.878	225				11.718	11.986
Kolom 16	E2	0.50	0.50	0.25	2.143	-15	4.592	225				12.137	11.986
Kolom 17	F2	0.50	0.50	0.25	8.143	-15	66.306	225				12.557	11.986
Kolom 18	G2	0.50	0.50	0.25	14.143	-15	200.020	225				12.976	11.986
Kolom 19	H2	0.50	0.50	0.25	20.143	-15	405.735	225				13.396	11.986
Kolom 20	I2	0.50	0.50	0.25	26.143	-15	683.449	225				13.815	11.986
Kolom 21	A3	0.50	0.50	0.25	-21.857	-9	477.735	81				10.459	11.987
Kolom 22	B3	0.50	0.50	0.25	-15.857	-9	251.449	81				10.879	11.987
Kolom 23	C3	0.50	0.50	0.25	-9.857	-9	97.163	81				11.298	11.987
Kolom 24	D3	0.50	0.50	0.25	-3.857	-9	14.878	81				11.718	11.987
Kolom 25	E3	0.50	0.50	0.25	2.143	-9	4.592	81				12.137	11.987
Kolom 26	F3	0.50	0.50	0.25	8.143	-9	66.306	81				12.557	11.987
Kolom 27	G3	0.50	0.50	0.25	14.143	-9	200.020	81				12.976	11.987
Kolom 28	H3	0.50	0.50	0.25	20.143	-9	405.735	81				13.396	11.987
Kolom 29	I3	0.50	0.50	0.25	26.143	-9	683.449	81				13.815	11.987
Kolom 30	A4	0.50	0.50	0.25	-21.857	-3	477.735	9				10.459	11.987
Kolom 31	B4	0.50	0.50	0.25	-15.857	-3	251.449	9				10.879	11.987
Kolom 32	C4	0.50	0.50	0.25	-9.857	-3	97.163	9				11.298	11.987
Kolom 33	D4	0.50	0.50	0.25	-3.857	-3	14.878	9				11.718	11.987
Kolom 34	E4	0.50	0.50	0.25	2.143	-3	4.592	9				12.137	11.987
Kolom 35	F4	0.50	0.50	0.25	8.143	-3	66.306	9				12.557	11.987
Kolom 36	G4	0.50	0.50	0.25	14.143	-3	200.020	9				12.976	11.987
Kolom 37	H4	0.50	0.50	0.25	20.143	-3	405.735	9				13.396	11.987
Kolom 38	I4	0.50	0.50	0.25	26.143	-3	683.449	9				13.815	11.987
Kolom 39	A5	0.50	0.50	0.25	-21.857	-2	477.735	5				10.459	11.987
Kolom 40	A5	0.50	0.50	0.25	-18.857	-2	355.592	5				10.669	11.987
Kolom 41	A6	0.50	0.50	0.25	-21.857	0	477.735	0	1006.94	1573.45	1.33	10.459	11.987
Kolom 42	A6	0.50	0.50	0.25	-18.857	0	355.592	0				10.669	11.987
Kolom 43	A6	0.50	0.50	0.25	-21.857	2	477.735	5				10.459	11.988
Kolom 44	A7	0.50	0.50	0.25	-18.857	2	355.592	5				10.669	11.988
Kolom 45	A8	0.50	0.50	0.25	-21.857	3	477.735	9				10.459	11.988
Kolom 46	A8	0.50	0.50	0.25	-15.857	3	251.449	9				10.879	11.988
Kolom 47	B8	0.50	0.50	0.25	-9.857	3	97.163	9				11.298	11.988
Kolom 48	C8	0.50	0.50	0.25	-3.857	3	14.878	9				11.718	11.988
Kolom 49	D8	0.50	0.50	0.25	2.143	3	4.592	9				12.137	11.988
Kolom 50	E8	0.50	0.50	0.25	8.143	3	66.306	9				12.557	11.988
Kolom 51	F8	0.50	0.50	0.25	14.143	3	200.020	9				12.976	11.988
Kolom 52	G8	0.50	0.50	0.25	20.143	3	405.735	9				13.396	11.988
Kolom 53	H8	0.50	0.50	0.25	26.143	3	683.449	9				13.815	11.988
Kolom 54	I8	0.50	0.50	0.25	-21.857	9	477.735	81				10.459	11.988
Kolom 55	A9	0.50	0.50	0.25	-15.857	9	251.449	81				10.879	11.988
Kolom 56	B9	0.50	0.50	0.25	-9.857	9	97.163	81				11.298	11.988
Kolom 57	C9	0.50	0.50	0.25	-3.857	9	14.878	81				11.718	11.988
Kolom 58	D9	0.50	0.50	0.25	2.143	9	4.592	81				12.137	11.988
Kolom 59	E9	0.50	0.50	0.25	8.143	9	66.306	81				12.557	11.988
Kolom 60	F9	0.50	0.50	0.25	14.143	9	200.020	81				12.976	11.988
Kolom 61	G9	0.50	0.50	0.25	20.143	9	405.735	81				13.396	11.988
Kolom 62	H9	0.50	0.50	0.25	26.143	9	683.449	81				13.815	11.988
Kolom 63	I9	0.50	0.50	0.25	-21.857	15	477.735	225				10.459	11.989
Kolom 64	A10	0.50	0.50	0.25	-15.857	15	251.449	225				10.879	11.989
Kolom 65	B10	0.50	0.50	0.25	-9.857	15	97.163	225				11.298	11.989
Kolom 66	C10	0.50	0.50	0.25	-3.857	15	14.878	225				11.718	11.989
Kolom 67	D10	0.50	0.50	0.25	2.143	15	4.592	225				12.137	11.989
Kolom 68	E10	0.50	0.50	0.25	8.143	15	66.306	225				12.557	11.989
Kolom 69	F10	0.50	0.50	0.25	14.143	15	200.020	225				12.976	11.989
Kolom 70	G10	0.50	0.50	0.25	20.143	15	405.735	225				13.396	11.989
Kolom 71	H10	0.50	0.50	0.25	26.143	15	683.449	225				13.815	11.989
Kolom 72	I10	0.50	0.50	0.25	-21.857	18	477.735	324				10.459	11.989
Kolom 73	A10	0.50	0.50	0.25	-15.857	18	251.449	324				10.879	11.989
Kolom 74	B10	0.50	0.50	0.25	-9.857	18	97.163	324				11.298	11.989
Kolom 75	C10	0.50	0.50	0.25	-3.857	18	14.878	324				11.718	11.989
Kolom 76	D10	0.50	0.50	0.25	2.143	18	4.592	324				12.137	11.989
Kolom 77	E10	0.50	0.50	0.25	8.143	18	66.306	324				12.557	11.989
Kolom 78	F10	0.50	0.50	0.25	14.143	18	200.020	324				12.976	11.989
Kolom 79	G10	0.50	0.50	0.25	20.143	18	405.735	324				13.396	11.989
Kolom 80	H10	0.50	0.50	0.25	26.143	18	683.449	324				13.815	11.989
Kolom 81	I10	0.50	0.50	0.25	-21.857	21	477.735	441				10.459	11.989
Kolom 82	A11	0.50	0.50	0.25	-15.857	21	251.449	441				10.879	11.989
Kolom 83	B11	0.50	0.50	0.25	-9.857	21	97.163	441				11.298	11.989
Kolom 84	C11	0.50	0.50	0.25	-3.857	21	14.878	441				11.718	11.989
Kolom 85	D11	0.50	0.50	0.25	2.143	21	4.592	441				12.137	11.989
Kolom 86	E11	0.50	0.50	0.25	8.143	21	66.306	441				12.557	11.989
Kolom 87	F11	0.50	0.50	0.25	14.143	21	200.020	441				12.976	11.989
Kolom 88	G11	0.50	0.50	0.25	20.143	21	405.735	441				13.396	11.989
Kolom 89	H11	0.50	0.50	0.25	26.143	21	683.449	441				13.815	11.989
Kolom 90	I11	0.50	0.50	0.25	-21.857	21	477.735	441				10.459	11.989
TOTAL				21.0			22505.786	14940				1006.938	1006.938

Beban Gempa Per Kolom (Elevasi +8,50)

Elemen	As	Dimensi		A	x'	y'	x'^2	y'^2	Fx,Fy	Mx	My	Fx	Fy
		Lx	Ly		m	m	m2	m2				kg	kg
Kolom 1	A1	0.50	0.50	0.25	-21.329	-21	454.938	441	66038.17	115410.2	912.61	691.095	804.059
Kolom 2	B1	0.50	0.50	0.25	-15.329	-21	234.986	441				723.233	804.059
Kolom 3	C1	0.50	0.50	0.25	-9.329	-21	87.035	441				755.372	804.059
Kolom 4	D1	0.50	0.50	0.25	-3.329	-21	11.084	441				787.511	804.059
Kolom 5	E1	0.50	0.50	0.25	2.671	-21	7.133	441				819.649	804.059
Kolom 6	F1	0.50	0.50	0.25	8.671	-21	75.182	441				851.788	804.059
Kolom 7	G1	0.50	0.50	0.25	14.671	-21	215.230	441				883.926	804.059
Kolom 8	H1	0.50	0.50	0.25	20.671	-21	427.279	441				916.065	804.059
Kolom 9	I1	0.50	0.50	0.25	26.671	-21	711.328	441				948.203	804.059
Kolom 10	A1'	0.50	0.50	0.25	-21.329	-18	454.938	324				691.095	804.243
Kolom 11	B1'	0.50	0.50	0.25	-15.329	-18	234.986	324				723.233	804.243
Kolom 12	A2	0.50	0.50	0.25	-21.329	-15	454.938	225				691.095	804.426
Kolom 13	B2	0.50	0.50	0.25	-15.329	-15	234.986	225				723.233	804.426
Kolom 14	C2	0.50	0.50	0.25	-9.329	-15	87.035	225				755.372	804.426
Kolom 15	D2	0.50	0.50	0.25	-3.329	-15	11.084	225				787.511	804.426
Kolom 16	E2	0.50	0.50	0.25	2.671	-15	7.133	225				819.649	804.426
Kolom 17	F2	0.50	0.50	0.25	8.671	-15	75.182	225				851.788	804.426
Kolom 18	G2	0.50	0.50	0.25	14.671	-15	215.230	225				883.926	804.426
Kolom 19	H2	0.50	0.50	0.25	20.671	-15	427.279	225				916.065	804.426
Kolom 20	I2	0.50	0.50	0.25	26.671	-15	711.328	225				948.203	804.426
Kolom 21	A3	0.50	0.50	0.25	-21.329	-9	454.938	81				691.095	804.793
Kolom 22	B3	0.50	0.50	0.25	-15.329	-9	234.986	81				723.233	804.793
Kolom 23	C3	0.50	0.50	0.25	-9.329	-9	87.035	81				755.372	804.793
Kolom 24	D3	0.50	0.50	0.25	-3.329	-9	11.084	81				787.511	804.793
Kolom 25	E3	0.50	0.50	0.25	2.671	-9	7.133	81				819.649	804.793
Kolom 26	F3	0.50	0.50	0.25	8.671	-9	75.182	81				851.788	804.793
Kolom 27	G3	0.50	0.50	0.25	14.671	-9	215.230	81				883.926	804.793
Kolom 28	H3	0.50	0.50	0.25	20.671	-9	427.279	81				916.065	804.793
Kolom 29	I3	0.50	0.50	0.25	26.671	-9	711.328	81				948.203	804.793
Kolom 30	A4	0.50	0.50	0.25	-21.329	-3	454.938	9				691.095	805.160
Kolom 31	B4	0.50	0.50	0.25	-15.329	-3	234.986	9				723.233	805.160
Kolom 32	C4	0.50	0.50	0.25	-9.329	-3	87.035	9				755.372	805.160
Kolom 33	D4	0.50	0.50	0.25	-3.329	-3	11.084	9				787.511	805.160
Kolom 34	E4	0.50	0.50	0.25	2.671	-3	7.133	9				819.649	805.160
Kolom 35	F4	0.50	0.50	0.25	8.671	-3	75.182	9				851.788	805.160
Kolom 36	G4	0.50	0.50	0.25	14.671	-3	215.230	9				883.926	805.160
Kolom 37	H4	0.50	0.50	0.25	20.671	-3	427.279	9				916.065	805.160
Kolom 38	I4	0.50	0.50	0.25	26.671	-3	711.328	9				948.203	805.160
Kolom 39	A5	0.50	0.50	0.25	-21.329	-2	454.938	5				691.095	805.212
Kolom 40	A5'	0.50	0.50	0.25	-18.329	-2	335.962	5				707.164	805.212
Kolom 41	A6	0.50	0.50	0.25	-21.329	0	454.938	0				691.095	805.344
Kolom 42	A6'	0.50	0.50	0.25	-18.329	0	335.962	0				707.164	805.344
Kolom 43	A7	0.50	0.50	0.25	-21.329	2	454.938	5				691.095	805.475
Kolom 44	A7'	0.50	0.50	0.25	-18.329	2	335.962	5				707.164	805.475
Kolom 45	A8	0.50	0.50	0.25	-21.329	3	454.938	9				691.095	805.527
Kolom 46	B8	0.50	0.50	0.25	-15.329	3	234.986	9				723.233	805.527
Kolom 47	C8	0.50	0.50	0.25	-9.329	3	87.035	9				755.372	805.527
Kolom 48	D8	0.50	0.50	0.25	-3.329	3	11.084	9				787.511	805.527
Kolom 49	E8	0.50	0.50	0.25	2.671	3	7.133	9				819.649	805.527
Kolom 50	F8	0.50	0.50	0.25	8.671	3	75.182	9				851.788	805.527
Kolom 51	G8	0.50	0.50	0.25	14.671	3	215.230	9				883.926	805.527
Kolom 52	H8	0.50	0.50	0.25	20.671	3	427.279	9				916.065	805.527
Kolom 53	I8	0.50	0.50	0.25	26.671	3	711.328	9				948.203	805.527
Kolom 54	A9	0.50	0.50	0.25	-21.329	9	454.938	81				691.095	805.894
Kolom 55	B9	0.50	0.50	0.25	-15.329	9	234.986	81				723.233	805.894
Kolom 56	C9	0.50	0.50	0.25	-9.329	9	87.035	81				755.372	805.894
Kolom 57	D9	0.50	0.50	0.25	-3.329	9	11.084	81				787.511	805.894
Kolom 58	E9	0.50	0.50	0.25	2.671	9	7.133	81				819.649	805.894
Kolom 59	F9	0.50	0.50	0.25	8.671	9	75.182	81				851.788	805.894
Kolom 60	G9	0.50	0.50	0.25	14.671	9	215.230	81				883.926	805.894
Kolom 61	H9	0.50	0.50	0.25	20.671	9	427.279	81				916.065	805.894
Kolom 62	I9	0.50	0.50	0.25	26.671	9	711.328	81				948.203	805.894
Kolom 63	A10	0.50	0.50	0.25	-21.329	15	454.938	225				691.095	806.261
Kolom 64	B10	0.50	0.50	0.25	-15.329	15	234.986	225				723.233	806.261
Kolom 65	C10	0.50	0.50	0.25	-9.329	15	87.035	225				755.372	806.261
Kolom 66	D10	0.50	0.50	0.25	-3.329	15	11.084	225				787.511	806.261
Kolom 67	E10	0.50	0.50	0.25	2.671	15	7.133	225				819.649	806.261
Kolom 68	F10	0.50	0.50	0.25	8.671	15	75.182	225				851.788	806.261
Kolom 69	G10	0.50	0.50	0.25	14.671	15	215.230	225				883.926	806.261
Kolom 70	H10	0.50	0.50	0.25	20.671	15	427.279	225				916.065	806.261
Kolom 71	I10	0.50	0.50	0.25	26.671	15	711.328	225				948.203	806.261
Kolom 72	A10'	0.50	0.50	0.25	-21.329	18	454.938	324				691.095	806.444
Kolom 73	B10'	0.50	0.50	0.25	-15.329	18	234.986	324				723.233	806.444
Kolom 74	A11	0.50	0.50	0.25	-21.329	21	454.938	441				691.095	806.628
Kolom 75	B11	0.50	0.50	0.25	-15.329	21	234.986	441				723.233	806.628
Kolom 76	C11	0.50	0.50	0.25	-9.329	21	87.035	441				755.372	806.628
Kolom 77	D11	0.50	0.50	0.25	-3.329	21	11.084	441				787.511	806.628
Kolom 78	E11	0.50	0.50	0.25	2.671	21	7.133	441				819.649	806.628
Kolom 79	F11	0.50	0.50	0.25	8.671	21	75.182	441				851.788	806.628
Kolom 80	G11	0.50	0.50	0.25	14.671	21	215.230	441				883.926	806.628
Kolom 81	H11	0.50	0.50	0.25	20.671	21	427.279	441				916.065	806.628
Kolom 82	I11	0.50	0.50	0.25	26.671	21	711.328	441				948.203	806.628
TOTAL				20.5			21546.110	14922				66038.17	66038.17

Beban Gempa Per Kolom (Elevasi +12,50)

Elemen	As	Dimensi		A	x'	y'	x'^2	y'^2	Fx,Fy	Mx	My	Fx	Fy
		Lx	Ly		m	m	m2	m2					
Kolom 1	A1	0.50	0.50	0.25	-21.329	-21	454.938	441	98215.9	152523.2	1368.8	1046.767	1195.829
Kolom 2	B1	0.50	0.50	0.25	-15.329	-21	234.986	441				1089.241	1195.829
Kolom 3	C1	0.50	0.50	0.25	-9.329	-21	87.035	441				1131.714	1195.829
Kolom 4	D1	0.50	0.50	0.25	-3.329	-21	11.084	441				1174.188	1195.829
Kolom 5	E1	0.50	0.50	0.25	2.671	-21	7.133	441				1216.661	1195.829
Kolom 6	F1	0.50	0.50	0.25	8.671	-21	75.182	441				1259.135	1195.829
Kolom 7	G1	0.50	0.50	0.25	14.671	-21	215.230	441				1301.608	1195.829
Kolom 8	H1	0.50	0.50	0.25	20.671	-21	427.279	441				1344.082	1195.829
Kolom 9	I1	0.50	0.50	0.25	26.671	-21	711.328	441				1386.555	1195.829
Kolom 10	A1'	0.50	0.50	0.25	-21.329	-18	454.938	324				1046.767	1196.104
Kolom 11	B1'	0.50	0.50	0.25	-15.329	-18	234.986	324				1089.241	1196.104
Kolom 12	A2	0.50	0.50	0.25	-21.329	-15	454.938	225				1046.767	1196.379
Kolom 13	B2	0.50	0.50	0.25	-15.329	-15	234.986	225				1089.241	1196.379
Kolom 14	C2	0.50	0.50	0.25	-9.329	-15	87.035	225				1131.714	1196.379
Kolom 15	D2	0.50	0.50	0.25	-3.329	-15	11.084	225				1174.188	1196.379
Kolom 16	E2	0.50	0.50	0.25	2.671	-15	7.133	225				1216.661	1196.379
Kolom 17	F2	0.50	0.50	0.25	8.671	-15	75.182	225				1259.135	1196.379
Kolom 18	G2	0.50	0.50	0.25	14.671	-15	215.230	225				1301.608	1196.379
Kolom 19	H2	0.50	0.50	0.25	20.671	-15	427.279	225				1344.082	1196.379
Kolom 20	I2	0.50	0.50	0.25	26.671	-15	711.328	225				1386.555	1196.379
Kolom 21	A3	0.50	0.50	0.25	-21.329	-9	454.938	81				1046.767	1196.930
Kolom 22	B3	0.50	0.50	0.25	-15.329	-9	234.986	81				1089.241	1196.930
Kolom 23	C3	0.50	0.50	0.25	-9.329	-9	87.035	81				1131.714	1196.930
Kolom 24	D3	0.50	0.50	0.25	-3.329	-9	11.084	81				1174.188	1196.930
Kolom 25	E3	0.50	0.50	0.25	2.671	-9	7.133	81				1216.661	1196.930
Kolom 26	F3	0.50	0.50	0.25	8.671	-9	75.182	81				1259.135	1196.930
Kolom 27	G3	0.50	0.50	0.25	14.671	-9	215.230	81				1301.608	1196.930
Kolom 28	H3	0.50	0.50	0.25	20.671	-9	427.279	81				1344.082	1196.930
Kolom 29	I3	0.50	0.50	0.25	26.671	-9	711.328	81				1386.555	1196.930
Kolom 30	A4	0.50	0.50	0.25	-21.329	-3	454.938	9				1046.767	1197.480
Kolom 31	B4	0.50	0.50	0.25	-15.329	-3	234.986	9				1089.241	1197.480
Kolom 32	C4	0.50	0.50	0.25	-9.329	-3	87.035	9				1131.714	1197.480
Kolom 33	D4	0.50	0.50	0.25	-3.329	-3	11.084	9				1174.188	1197.480
Kolom 34	E4	0.50	0.50	0.25	2.671	-3	7.133	9				1216.661	1197.480
Kolom 35	F4	0.50	0.50	0.25	8.671	-3	75.182	9				1259.135	1197.480
Kolom 36	G4	0.50	0.50	0.25	14.671	-3	215.230	9				1301.608	1197.480
Kolom 37	H4	0.50	0.50	0.25	20.671	-3	427.279	9				1344.082	1197.480
Kolom 38	I4	0.50	0.50	0.25	26.671	-3	711.328	9				1386.555	1197.480
Kolom 39	A5	0.50	0.50	0.25	-21.329	-2	454.938	5				1046.767	1197.558
Kolom 40	A'5	0.50	0.50	0.25	-18.329	-2	335.962	5				1068.004	1197.558
Kolom 41	A6	0.50	0.50	0.25	-21.329	0	454.938	0				1046.767	1197.755
Kolom 42	A'6	0.50	0.50	0.25	-18.329	0	335.962	0				1068.004	1197.755
Kolom 43	A7	0.50	0.50	0.25	-21.329	2	454.938	5				1046.767	1197.952
Kolom 44	A'7	0.50	0.50	0.25	-18.329	2	335.962	5				1068.004	1197.952
Kolom 45	A8	0.50	0.50	0.25	-21.329	3	454.938	9				1046.767	1198.030
Kolom 46	B8	0.50	0.50	0.25	-15.329	3	234.986	9				1089.241	1198.030
Kolom 47	C8	0.50	0.50	0.25	-9.329	3	87.035	9				1131.714	1198.030
Kolom 48	D8	0.50	0.50	0.25	-3.329	3	11.084	9				1174.188	1198.030
Kolom 49	E8	0.50	0.50	0.25	2.671	3	7.133	9				1216.661	1198.030
Kolom 50	F8	0.50	0.50	0.25	8.671	3	75.182	9				1259.135	1198.030
Kolom 51	G8	0.50	0.50	0.25	14.671	3	215.230	9				1301.608	1198.030
Kolom 52	H8	0.50	0.50	0.25	20.671	3	427.279	9				1344.082	1198.030
Kolom 53	I8	0.50	0.50	0.25	26.671	3	711.328	9				1386.555	1198.030
Kolom 54	A9	0.50	0.50	0.25	-21.329	9	454.938	81				1046.767	1198.581
Kolom 55	B9	0.50	0.50	0.25	-15.329	9	234.986	81				1089.241	1198.581
Kolom 56	C9	0.50	0.50	0.25	-9.329	9	87.035	81				1131.714	1198.581
Kolom 57	D9	0.50	0.50	0.25	-3.329	9	11.084	81				1174.188	1198.581
Kolom 58	E9	0.50	0.50	0.25	2.671	9	7.133	81				1216.661	1198.581
Kolom 59	F9	0.50	0.50	0.25	8.671	9	75.182	81				1259.135	1198.581
Kolom 60	G9	0.50	0.50	0.25	14.671	9	215.230	81				1301.608	1198.581
Kolom 61	H9	0.50	0.50	0.25	20.671	9	427.279	81				1344.082	1198.581
Kolom 62	I9	0.50	0.50	0.25	26.671	9	711.328	81				1386.555	1198.581
Kolom 63	A10	0.50	0.50	0.25	-21.329	15	454.938	225				1046.767	1199.131
Kolom 64	B10	0.50	0.50	0.25	-15.329	15	234.986	225				1089.241	1199.131
Kolom 65	C10	0.50	0.50	0.25	-9.329	15	87.035	225				1131.714	1199.131
Kolom 66	D10	0.50	0.50	0.25	-3.329	15	11.084	225				1174.188	1199.131
Kolom 67	E10	0.50	0.50	0.25	2.671	15	7.133	225				1216.661	1199.131
Kolom 68	F10	0.50	0.50	0.25	8.671	15	75.182	225				1259.135	1199.131
Kolom 69	G10	0.50	0.50	0.25	14.671	15	215.230	225				1301.608	1199.131
Kolom 70	H10	0.50	0.50	0.25	20.671	15	427.279	225				1344.082	1199.131
Kolom 71	I10	0.50	0.50	0.25	26.671	15	711.328	225				1386.555	1199.131
Kolom 72	A10'	0.50	0.50	0.25	-21.329	18	454.938	324				1046.767	1199.406
Kolom 73	B10'	0.50	0.50	0.25	-15.329	18	234.986	324				1089.241	1199.406
Kolom 74	A11	0.50	0.50	0.25	-21.329	21	454.938	441				1046.767	1199.682
Kolom 75	B11	0.50	0.50	0.25	-15.329	21	234.986	441				1089.241	1199.682
Kolom 76	C11	0.50	0.50	0.25	-9.329	21	87.035	441				1131.714	1199.682
Kolom 77	D11	0.50	0.50	0.25	-3.329	21	11.084	441				1174.188	1199.682
Kolom 78	E11	0.50	0.50	0.25	2.671	21	7.133	441				1216.661	1199.682
Kolom 79	F11	0.50	0.50	0.25	8.671	21	75.182	441				1259.135	1199.682
Kolom 80	G11	0.50	0.50	0.25	14.671	21	215.230	441				1301.608	1199.682
Kolom 81	H11	0.50	0.50	0.25	20.671	21	427.279	441				1344.082	1199.682
Kolom 82	I11	0.50	0.50	0.25	26.671	21	711.328	441				1386.555	1199.682
TOTAL				20.5			21546.110	14922.49				98215.93	98215.93

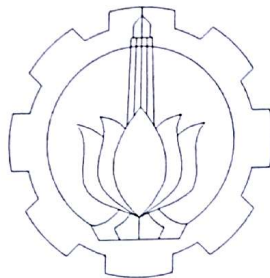
Beban Gempa Per Kolom (Elevasi +16,50)

Elemen	As	Dimensi		A	x'	y'	x'^2	y'^2	Fx,Fy	Mx	My	Fx		Fy	
		Lx	Ly		m	m	m2	m2				kg	kgm	kg	kgm
Kolom 1	A1	0.50	0.50	0.25	-21.329	-21	454.938	441	116121.4	98282.3	1920.0	1318.822	1413.413		
Kolom 2	B1	0.50	0.50	0.25	-15.329	-21	234.986	441				1346.191	1413.413		
Kolom 3	C1	0.50	0.50	0.25	-9.329	-21	87.035	441				1373.560	1413.413		
Kolom 4	D1	0.50	0.50	0.25	-3.329	-21	11.084	441				1400.929	1413.413		
Kolom 5	E1	0.50	0.50	0.25	2.671	-21	7.133	441				1428.298	1413.413		
Kolom 6	F1	0.50	0.50	0.25	8.671	-21	75.182	441				1455.667	1413.413		
Kolom 7	G1	0.50	0.50	0.25	14.671	-21	215.230	441				1483.036	1413.413		
Kolom 8	H1	0.50	0.50	0.25	20.671	-21	427.279	441				1510.404	1413.413		
Kolom 9	I1	0.50	0.50	0.25	26.671	-21	711.328	441				1537.773	1413.413		
Kolom 10	A1'	0.50	0.50	0.25	-21.329	-18	454.938	324				1318.822	1413.799		
Kolom 11	B1'	0.50	0.50	0.25	-15.329	-18	234.986	324				1346.191	1413.799		
Kolom 12	A2	0.50	0.50	0.25	-21.329	-15	454.938	225				1318.822	1414.185		
Kolom 13	B2	0.50	0.50	0.25	-15.329	-15	234.986	225				1346.191	1414.185		
Kolom 14	C2	0.50	0.50	0.25	-9.329	-15	87.035	225				1373.560	1414.185		
Kolom 15	D2	0.50	0.50	0.25	-3.329	-15	11.084	225				1400.929	1414.185		
Kolom 16	E2	0.50	0.50	0.25	2.671	-15	7.133	225				1428.298	1414.185		
Kolom 17	F2	0.50	0.50	0.25	8.671	-15	75.182	225				1455.667	1414.185		
Kolom 18	G2	0.50	0.50	0.25	14.671	-15	215.230	225				1483.036	1414.185		
Kolom 19	H2	0.50	0.50	0.25	20.671	-15	427.279	225				1510.404	1414.185		
Kolom 20	I2	0.50	0.50	0.25	26.671	-15	711.328	225				1537.773	1414.185		
Kolom 21	A3	0.50	0.50	0.25	-21.329	-9	454.938	81				1318.822	1414.957		
Kolom 22	B3	0.50	0.50	0.25	-15.329	-9	234.986	81				1346.191	1414.957		
Kolom 23	C3	0.50	0.50	0.25	-9.329	-9	87.035	81				1373.560	1414.957		
Kolom 24	D3	0.50	0.50	0.25	-3.329	-9	11.084	81				1400.929	1414.957		
Kolom 25	E3	0.50	0.50	0.25	2.671	-9	7.133	81				1428.298	1414.957		
Kolom 26	F3	0.50	0.50	0.25	8.671	-9	75.182	81				1455.667	1414.957		
Kolom 27	G3	0.50	0.50	0.25	14.671	-9	215.230	81				1483.036	1414.957		
Kolom 28	H3	0.50	0.50	0.25	20.671	-9	427.279	81				1510.404	1414.957		
Kolom 29	I3	0.50	0.50	0.25	26.671	-9	711.328	81				1537.773	1414.957		
Kolom 30	A4	0.50	0.50	0.25	-21.329	-3	454.938	9				1318.822	1415.729		
Kolom 31	B4	0.50	0.50	0.25	-15.329	-3	234.986	9				1346.191	1415.729		
Kolom 32	C4	0.50	0.50	0.25	-9.329	-3	87.035	9				1373.560	1415.729		
Kolom 33	D4	0.50	0.50	0.25	-3.329	-3	11.084	9				1400.929	1415.729		
Kolom 34	E4	0.50	0.50	0.25	2.671	-3	7.133	9				1428.298	1415.729		
Kolom 35	F4	0.50	0.50	0.25	8.671	-3	75.182	9				1455.667	1415.729		
Kolom 36	G4	0.50	0.50	0.25	14.671	-3	215.230	9				1483.036	1415.729		
Kolom 37	H4	0.50	0.50	0.25	20.671	-3	427.279	9				1510.404	1415.729		
Kolom 38	I4	0.50	0.50	0.25	26.671	-3	711.328	9				1537.773	1415.729		
Kolom 39	A5	0.50	0.50	0.25	-21.329	-2	454.938	5				1318.822	1415.839		
Kolom 40	A5'	0.50	0.50	0.25	-18.329	-2	335.962	5				1332.507	1415.839		
Kolom 41	A6	0.50	0.50	0.25	-21.329	0	454.938	0				1318.822	1416.115		
Kolom 42	A6'	0.50	0.50	0.25	-18.329	0	335.962	0				1332.507	1416.115		
Kolom 43	A7	0.50	0.50	0.25	-21.329	2	454.938	5				1318.822	1416.392		
Kolom 44	A7'	0.50	0.50	0.25	-18.329	2	335.962	5				1332.507	1416.392		
Kolom 45	A8	0.50	0.50	0.25	-21.329	3	454.938	9				1318.822	1416.501		
Kolom 46	B8	0.50	0.50	0.25	-15.329	3	234.986	9				1346.191	1416.501		
Kolom 47	C8	0.50	0.50	0.25	-9.329	3	87.035	9				1373.560	1416.501		
Kolom 48	D8	0.50	0.50	0.25	-3.329	3	11.084	9				1400.929	1416.501		
Kolom 49	E8	0.50	0.50	0.25	2.671	3	7.133	9				1428.298	1416.501		
Kolom 50	F8	0.50	0.50	0.25	8.671	3	75.182	9				1455.667	1416.501		
Kolom 51	G8	0.50	0.50	0.25	14.671	3	215.230	9				1483.036	1416.501		
Kolom 52	H8	0.50	0.50	0.25	20.671	3	427.279	9				1510.404	1416.501		
Kolom 53	I8	0.50	0.50	0.25	26.671	3	711.328	9				1537.773	1416.501		
Kolom 54	A9	0.50	0.50	0.25	-21.329	9	454.938	81				1318.822	1417.273		
Kolom 55	B9	0.50	0.50	0.25	-15.329	9	234.986	81				1346.191	1417.273		
Kolom 56	C9	0.50	0.50	0.25	-9.329	9	87.035	81				1373.560	1417.273		
Kolom 57	D9	0.50	0.50	0.25	-3.329	9	11.084	81				1400.929	1417.273		
Kolom 58	E9	0.50	0.50	0.25	2.671	9	7.133	81				1428.298	1417.273		
Kolom 59	F9	0.50	0.50	0.25	8.671	9	75.182	81				1455.667	1417.273		
Kolom 60	G9	0.50	0.50	0.25	14.671	9	215.230	81				1483.036	1417.273		
Kolom 61	H9	0.50	0.50	0.25	20.671	9	427.279	81				1510.404	1417.273		
Kolom 62	I9	0.50	0.50	0.25	26.671	9	711.328	81				1537.773	1417.273		
Kolom 63	A10	0.50	0.50	0.25	-21.329	15	454.938	225				1318.822	1418.045		
Kolom 64	B10	0.50	0.50	0.25	-15.329	15	234.986	225				1346.191	1418.045		
Kolom 65	C10	0.50	0.50	0.25	-9.329	15	87.035	225				1373.560	1418.045		
Kolom 66	D10	0.50	0.50	0.25	-3.329	15	11.084	225				1400.929	1418.045		
Kolom 67	E10	0.50	0.50	0.25	2.671	15	7.133	225				1428.298	1418.045		
Kolom 68	F10	0.50	0.50	0.25	8.671	15	75.182	225				1455.667	1418.045		
Kolom 69	G10	0.50	0.50	0.25	14.671	15	215.230	225				1483.036	1418.045		
Kolom 70	H10	0.50	0.50	0.25	20.671	15	427.279	225				1510.404	1418.045		
Kolom 71	I10	0.50	0.50	0.25	26.671	15	711.328	225				1537.773	1418.045		
Kolom 72	A10'	0.50	0.50	0.25	-21.329	18	454.938	324				1318.822	1418.431		
Kolom 73	B10'	0.50	0.50	0.25	-15.329	18	234.986	324				1346.191	1418.431		
Kolom 74	A11	0.50	0.50	0.25	-21.329	21	454.938	441				1318.822	1418.817		
Kolom 75	B11	0.50	0.50	0.25	-15.329	21	234.986	441				1346.191	1418.817		
Kolom 76	C11	0.50	0.50	0.25	-9.329	21	87.035	441				1373.560	1418.817		
Kolom 77	D11	0.50	0.50	0.25	-3.329	21	11.084	441				1400.929	1418.817		
Kolom 78	E11	0.50	0.50	0.25	2.671	21	7.133	441				1428.298	1418.817		
Kolom 79	F11	0.50	0.50	0.25	8.671	21	75.182	441				1455.667	1418.817		
Kolom 80	G11	0.50	0.50	0.25	14.671	21	215.230	441				1483.036	1418.817		
Kolom 81	H11	0.50	0.50	0.25	20.671	21	427.279	441				1510.404	1418.817		
Kolom 82	I11	0.50	0.50	0.25	26.671	21	711.328	441				1537.773	1418.817		
TOTAL				20.5			21546.110	14922				116121.4	116121.4		

Beban Gempa Per Kolom (Elevasi +19,50)

Elemen	As	Dimensi		A m2	x' m	y' m	x'^2 m2	y'^2 m2	Fx,Fy kg	Mx kgm	My kgm	Fx kg	Fy kg
		Lx	Ly										
Kolom 1	A1	0.50	0.50	0.25	-2.6	-21.0	6.825	441.00	5972.45	621.80	16.22	357.118	373.168
Kolom 2	A1'	0.50	0.50	0.25	-2.6	-18.0	6.825	324.00				357.118	373.184
Kolom 3	A5	0.50	0.50	0.25	-2.6	-2.2	6.825	4.62				357.118	373.267
Kolom 4	A6	0.50	0.50	0.25	-2.6	0.0	6.825	0.00				357.118	373.278
Kolom 5	A7	0.50	0.50	0.25	-2.6	2.2	6.825	4.62				357.118	373.290
Kolom 6	A10	0.50	0.50	0.25	-2.6	18.0	6.825	324.00				357.118	373.373
Kolom 7	A11	0.50	0.50	0.25	-2.6	21.0	6.825	441.00				357.118	373.389
Kolom 8	A'5	0.50	0.50	0.25	0.4	-2.2	0.150	4.62				375.675	373.267
Kolom 9	A'6	0.50	0.50	0.25	0.4	0.0	0.150	0.00				375.675	373.278
Kolom 10	A'7	0.50	0.50	0.25	0.4	2.2	0.150	4.62				375.675	373.290
Kolom 11	A"5	0.50	0.50	0.25	1.8	-2.2	3.195	4.62				384.336	373.267
Kolom 12	A"7	0.50	0.50	0.25	1.8	2.2	3.195	4.62				384.336	373.290
Kolom 13	B1	0.50	0.50	0.25	3.4	-21.0	11.475	441.00				394.233	373.168
Kolom 14	B1'	0.50	0.50	0.25	3.4	-18.0	11.475	324.00				394.233	373.184
Kolom 15	B10	0.50	0.50	0.25	3.4	18.0	11.475	324.00				394.233	373.373
Kolom 16	B11	0.50	0.50	0.25	3.4	21.0	11.475	441.00				394.233	373.389
TOTAL				4.0			100.52	3087.74				5972.5	5972.5

26 JUL 2017



PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017

GAMBAR ARSITEKTUR DAN STRUKTUR

DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)
DAN METODE PELAKSANAAN PADA ELEMEN KOLOM

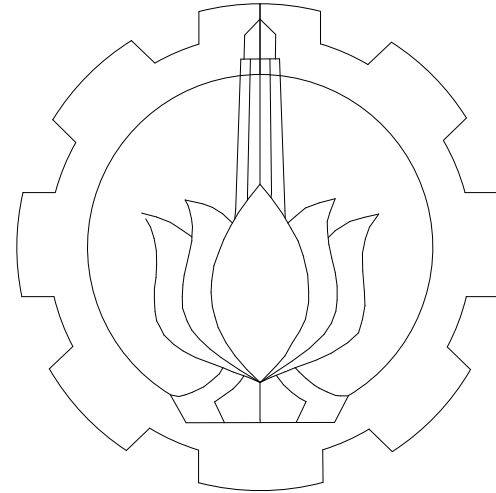
OLEH MAHASISWA :

NAMA : SHAFIRA DEVAYANTI
NRP : 3114030058

NAMA : BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
NRP : 3114030066

DOSEN PEMBIMBING:

NAMA : Ir. BOEDI WIBOWO, CES.
NIP : 19530424 198203 1 002



PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017

GAMBAR ARSITEKTUR DAN STRUKTUR

**DESAIN ULANG STRUKTUR GEDUNG PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN
DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)
DAN METODE PELAKSANAAN PADA ELEMEN KOLOM**

OLEH MAHASISWA :

NAMA : SHAFIRA DEVAYANTI
NRP : 3114030058

NAMA : BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
NRP : 3114030066

DOSEN PEMBIMBING:

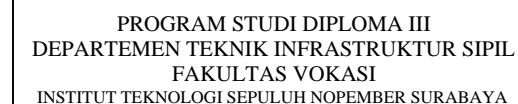
NAMA : Ir. BOEDI WIBOWO, CES.
NIP : 19530424 198203 1 002

DAFTAR GAMBAR

KODE	JUDUL GAMBAR	SKALA
GAMBAR ARSITEKTUR		
ARS 00	DAFTAR GAMBAR	NTS
ARS 01	SITE PLAN	1 : 800
ARS 02	DENAH LANTAI 1	1 : 350
ARS 03	DENAH LANTAI 2	1 : 350
ARS 04	DENAH LANTAI 3	1 : 350
ARS 05	DENAH LANTAI 4	1 : 350
ARS 06	DENAH LANTAI RUANG MESIN LIFT	1 : 350
ARS 07	TAMPAK DEPAN DAN BELAKANG	1 : 200
ARS 08	TAMPAK SAMPING KIRI DAN KANAN	1 : 200
ARS 09	POTONGAN A-A	1 : 200
ARS 10	POTONGAN B-B	1 : 200
ARS 11	POTONGAN C-C	1 : 200

KODE	JUDUL GAMBAR	SKALA
GAMBAR STUKTUR		
STR 12	DENAH SLOOF	1 : 200
STR 13	DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2-4	1 : 200
STR 14	DENAH PEMBALOKAN LANTAI ATAP	1 : 200
STR 15	DENAH PEMBALOKAN LT. RUANG MESIN LIFT	1 : 200
STR 16	DENAH PEMBALOKAN LANTAI ATAP TAMBAHAN	1 : 200
STR 17	DENAH KOLOM	1 : 200
STR 18	DENAH PELAT LANTAI 2-4	1 : 200
STR 19	DENAH PELAT LANTAI ATAP	1 : 200
STR 20	DENAH PELAT LT. RUANG MESIN LIFT	1 : 200
STR 21	DENAH PELAT LANTAI ATAP TAMBAHAN	1 : 200
STR 22	PENULANGAN PELAT LANTAI 2-4	1 : 200
STR 23	PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP	1 : 200
STR 24	PENULANGAN PELAT LT. RUANG MESIN LIFT	1 : 200
STR 25	PENULANGAN PELAT LT. ATAP TAMBAHAN	1 : 200
STR 26a	DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI 2-4 (a)	1 : 50
STR 26b	DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI 2-4 (b)	1 : 50
STR 27a	DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP (a)	1 : 50
STR 27b	DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP (b)	1 : 50
STR 28	DETAIL PENULANGAN PELAT LT ATAP TAMBAHAN	1 : 50
STR 29	PORTAL MEMANJANG AS 8/A-I	1 : 200
STR 30	PORTAL MELINTANG AS H/1-11	1 : 150
STR 31	PORTAL SLOOF AS 8 A-D, AS 8 D-G	1 : 75
STR 32	PORTAL SLOOF DAN BALOK LANTAI 2	1 : 75
STR 33	PORTAL BALOK LANTAI 2 AS 8 A-D, AS 8 D-G	1 : 75
STR 34	PORTAL BALOK LANTAI 2 AS H 1-3, AS H 3-9	1 : 75
STR 35	PORTAL BALOK LANTAI 2 AS H 9-11	1 : 50
STR 36	DETAIL PENULANGAN BALOK	1 : 25
STR 37	PORTAL KOLOM AS 8-B	1 : 75
STR 38	DETAIL KOLOM LANTAI 1 DAN 2	1 : 25
STR 39	DETAIL KOLOM LANTAI 3 DAN 4	1 : 25
STR 40	DETAIL TULANGAN BALOK (A)	1 : 25

KODE	JUDUL GAMBAR	SKALA
GAMBAR STUKTUR		
STR 41	DETAIL TULANGAN BALOK (B)	1 : 25
STR 42	DETAIL TULANGAN BALOK DAN KOLOM	1 : 25
STR 43	DENAH TANGGA	1 : 50
STR 44	PENULANGAN TANGGA UTAMA	1 : 25
STR 45	PENULANGAN TANGGA KECIL	1 : 25
STR 46	POTONGAN TANGGA UTAMA	1 : 40
STR 47	POTONGAN TANGGA KECIL	1 : 40



DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

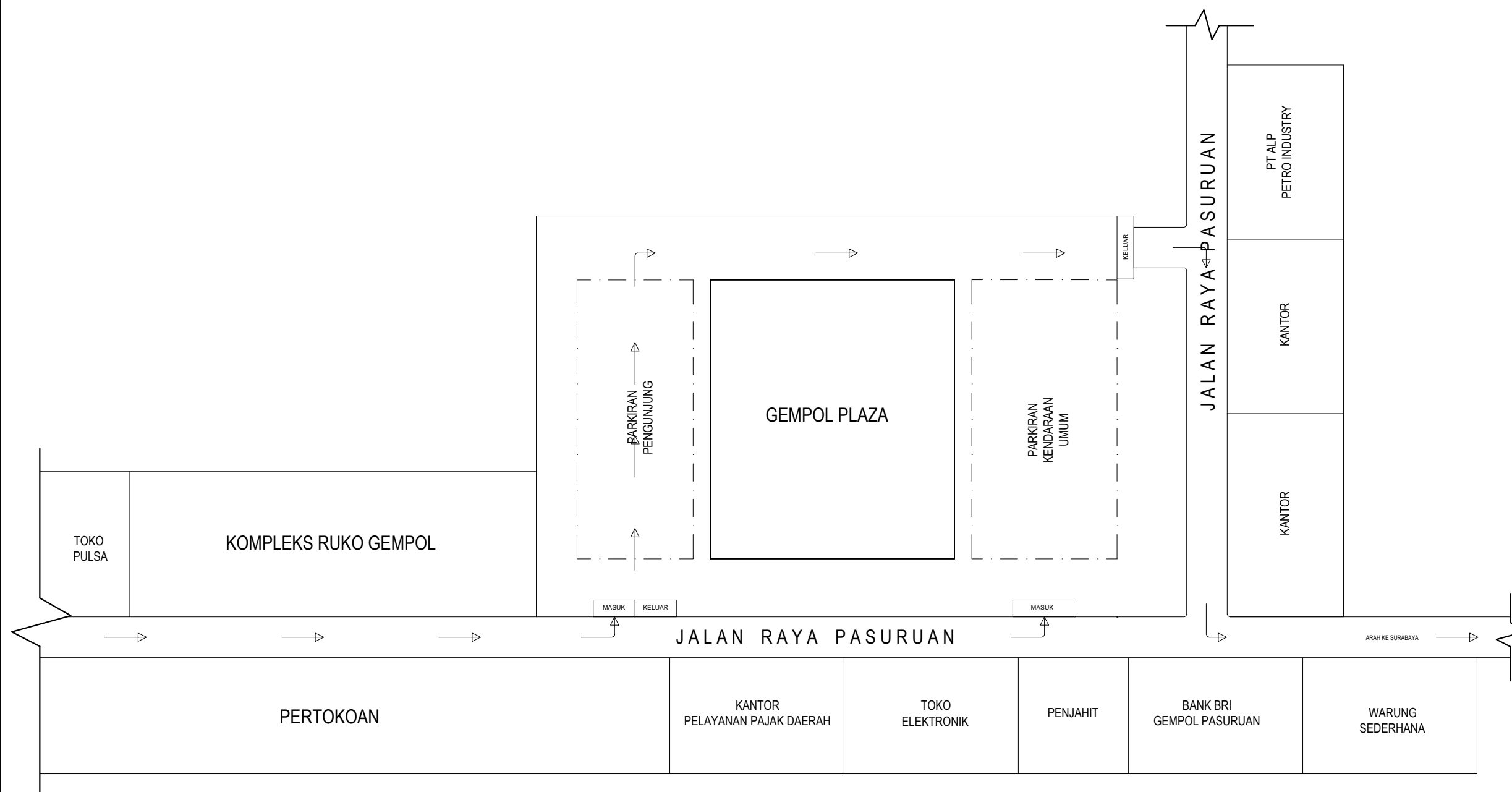
BRIGITTA RISKAPURNAMASTUTI
3114030066

SITE PLAN

SKALA 1:800

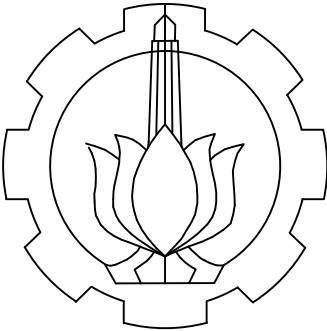
ARS

1



PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN

SKALA 1:800



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 1

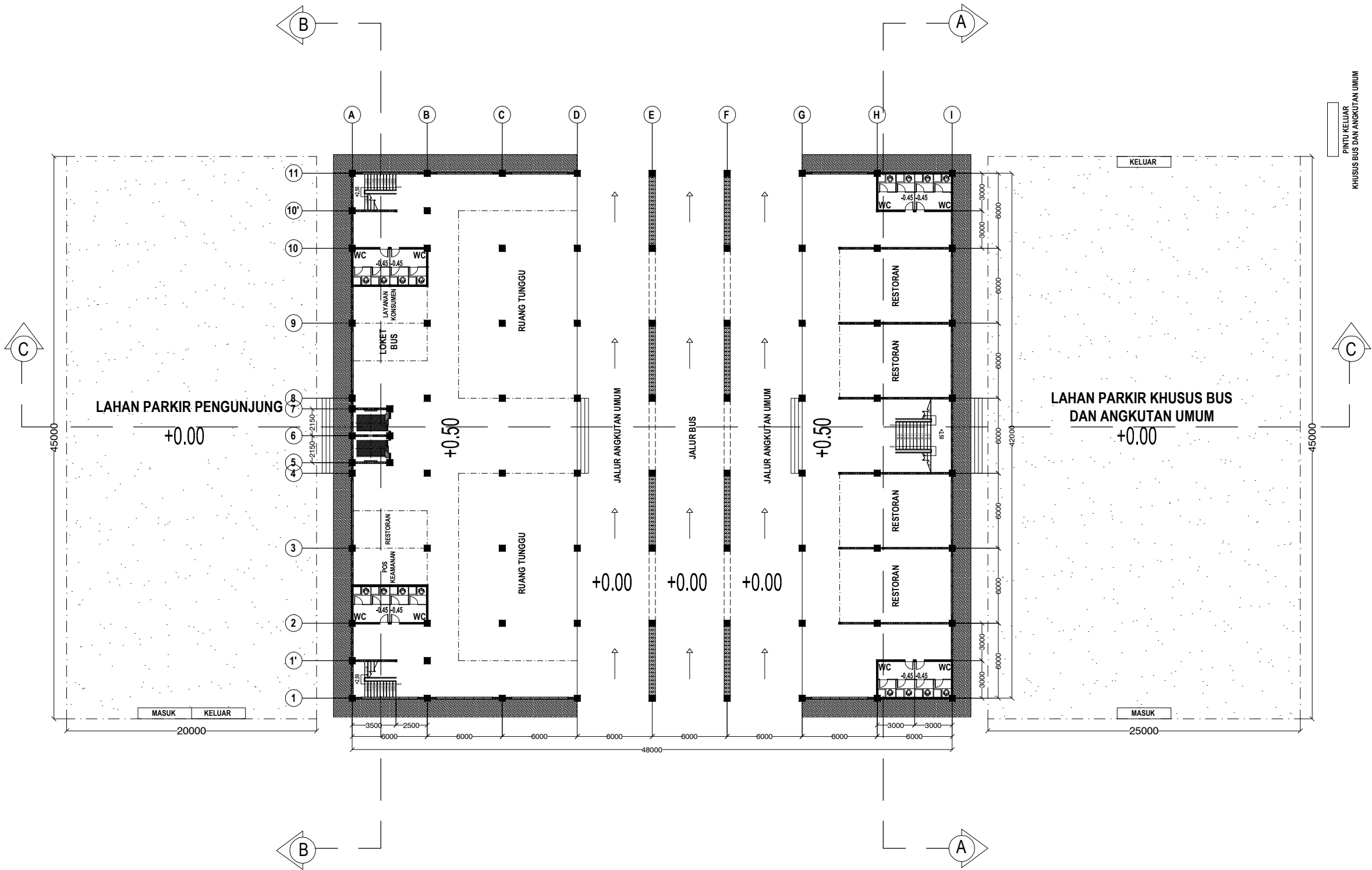
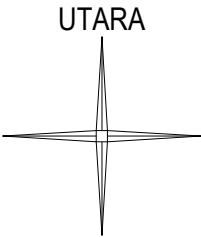
KETERANGAN

SKALA 1:350

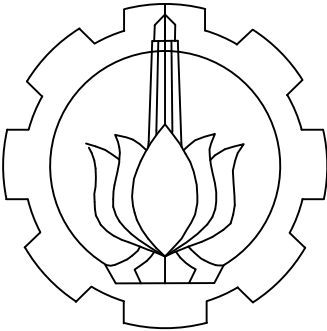
KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

ARS

2



DENAH LANTAI 1
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:350



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 2

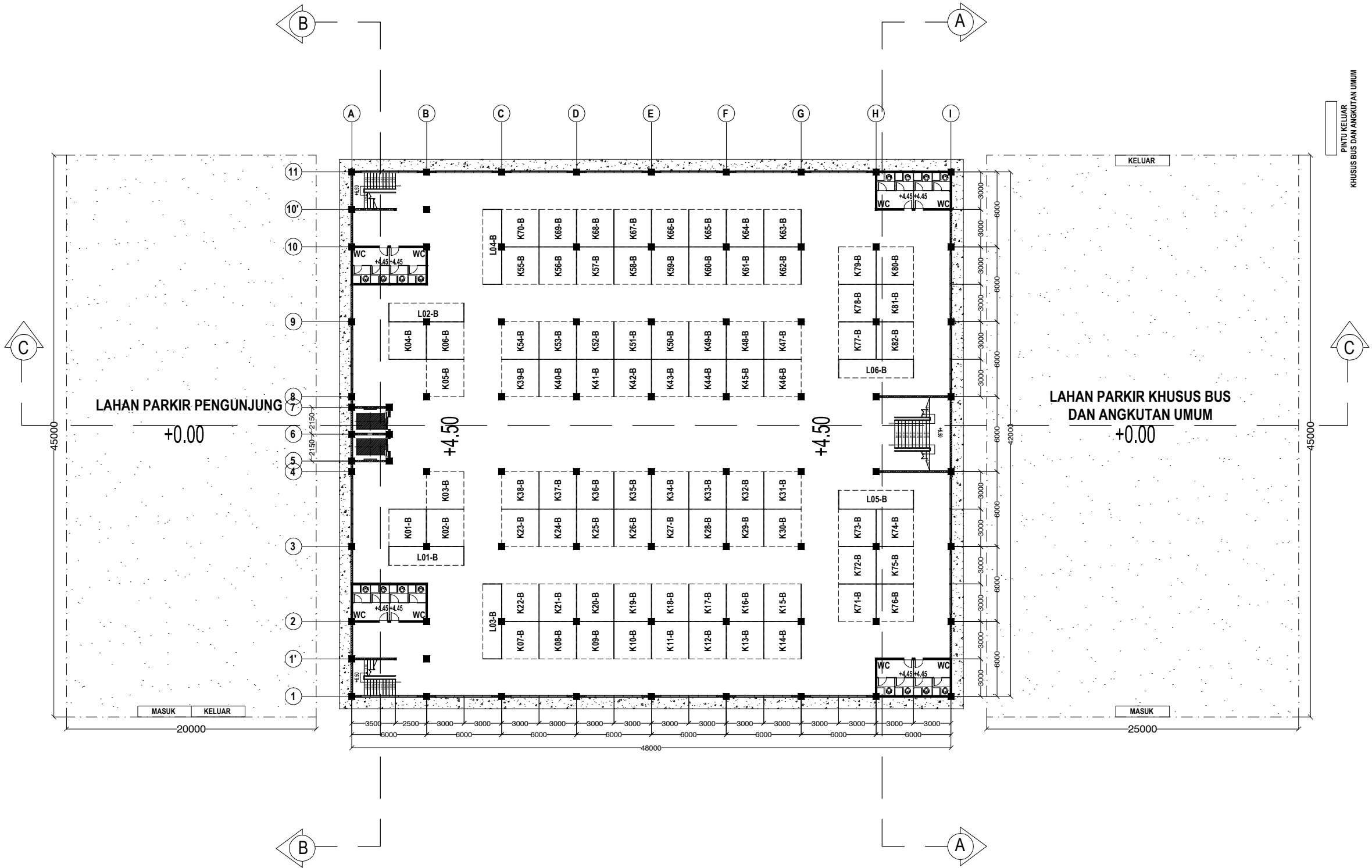
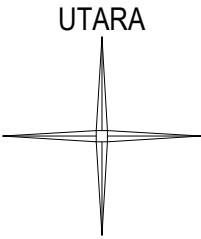
KETERANGAN

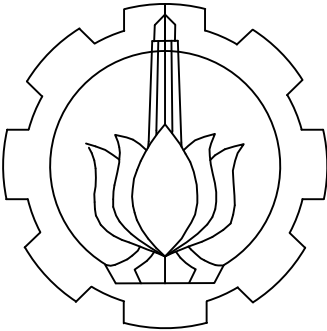
SKALA 1:350

KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

ARS

3





PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 3

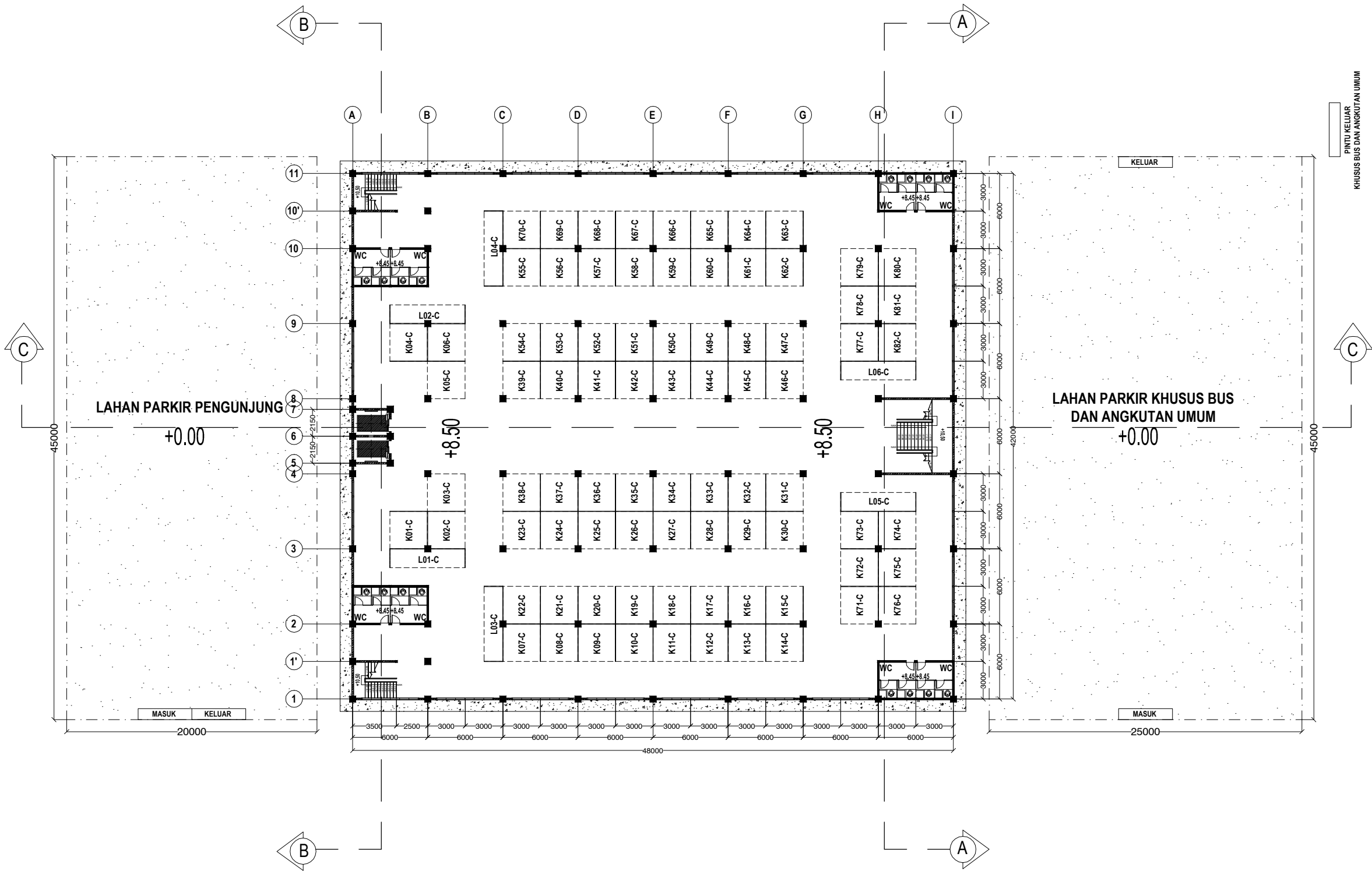
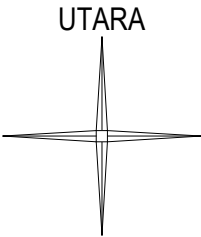
KETERANGAN

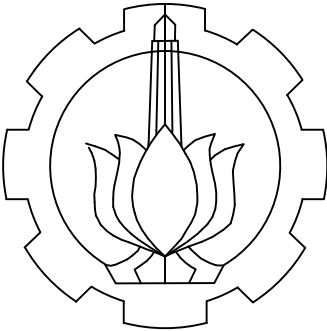
SKALA 1:350

KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

ARS

4





PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 4

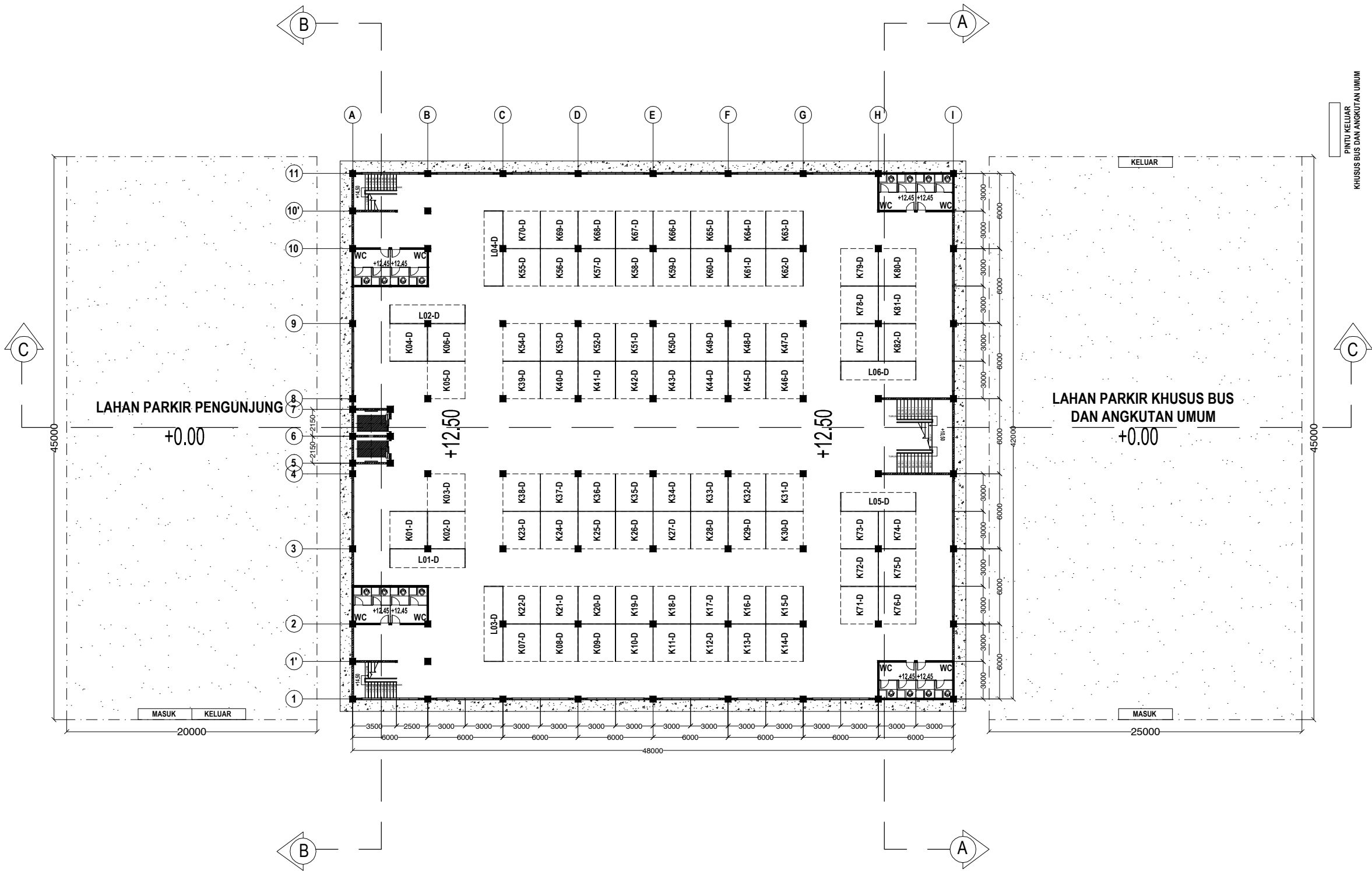
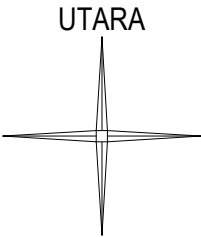
KETERANGAN

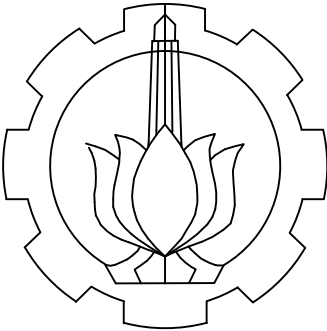
SKALA 1:350

KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

ARS

5





PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI
RUANG MESIN LIFT

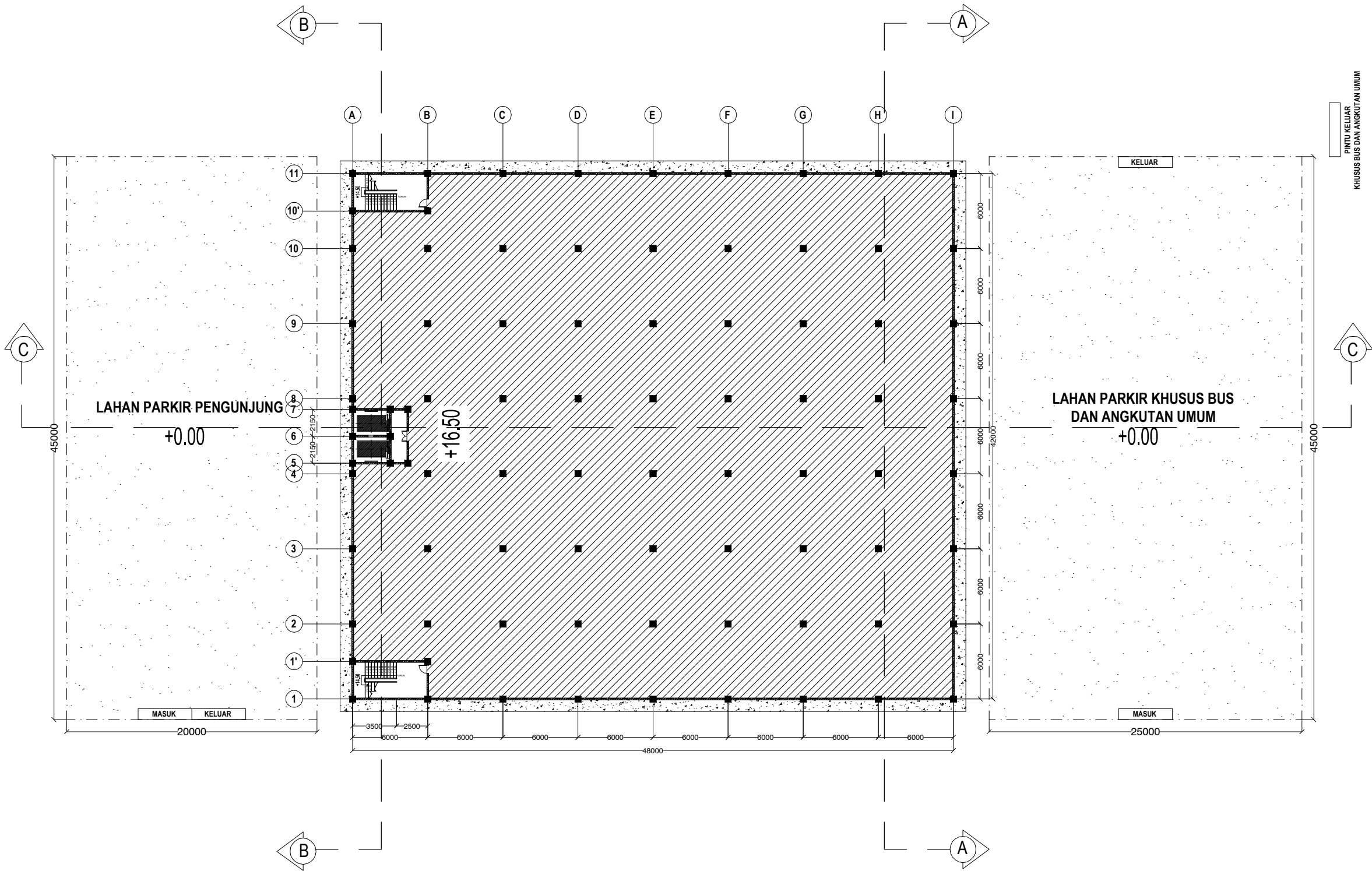
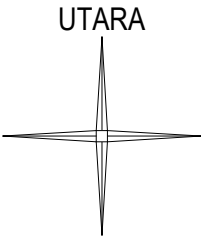
KETERANGAN

SKALA 1:350

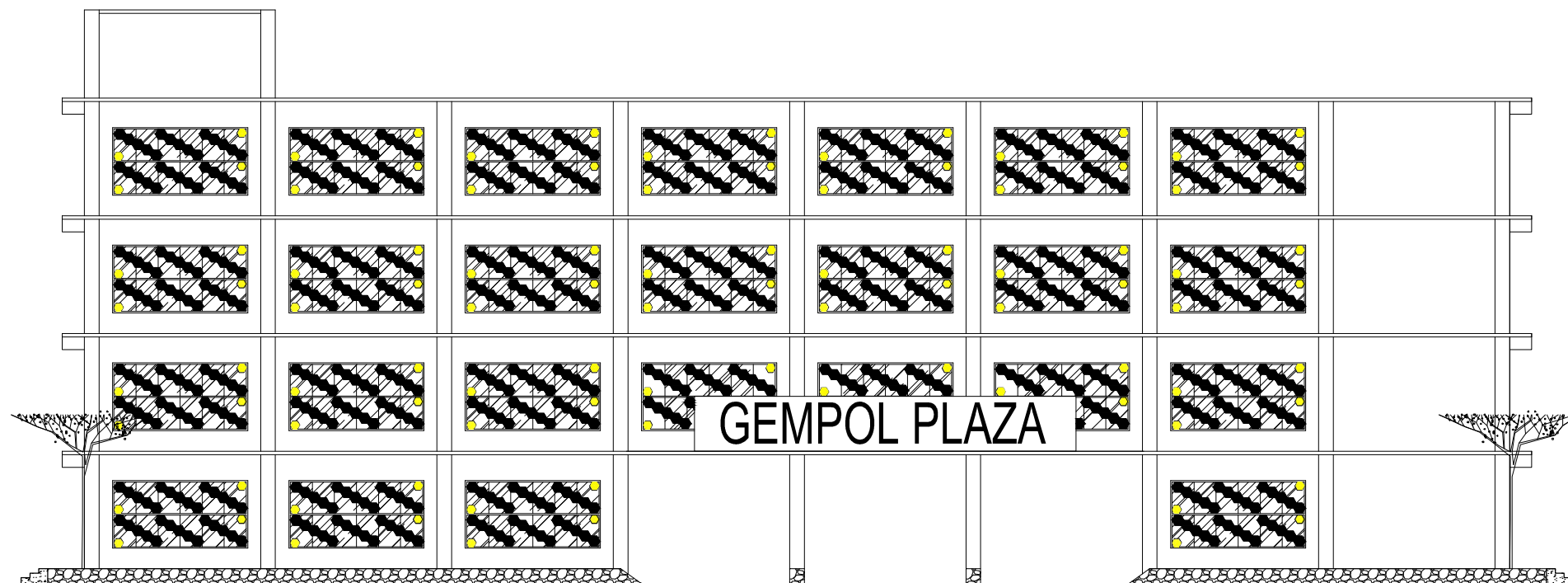
KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

ARS

6



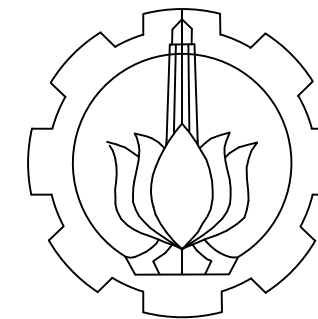
DENAH LANTAI RUANG MESIN LIFT
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN
SKALA 1:350



 **TAMPAK DEPAN**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



 **TAMPAK BELAKANG**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKI PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

TAMPAK DEPAN
DAN BELAKANG

KETERANGAN

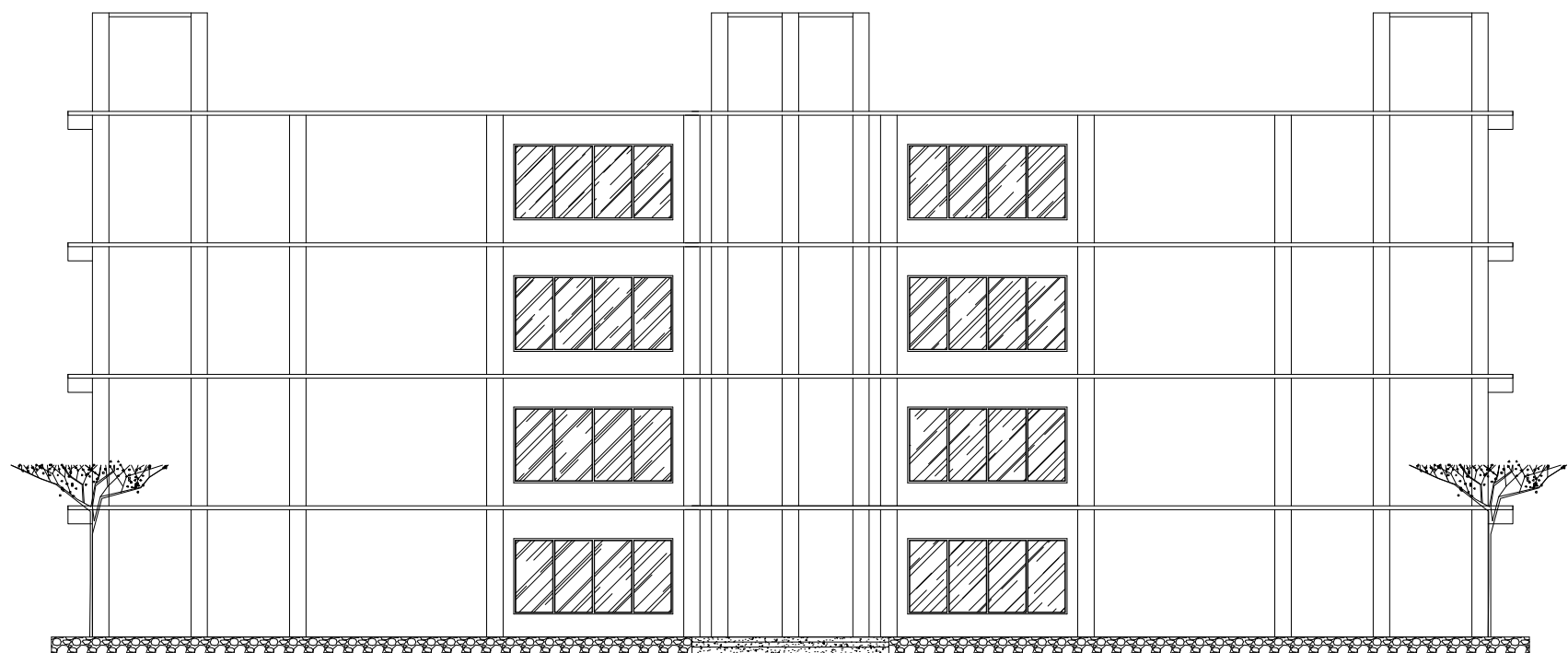
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

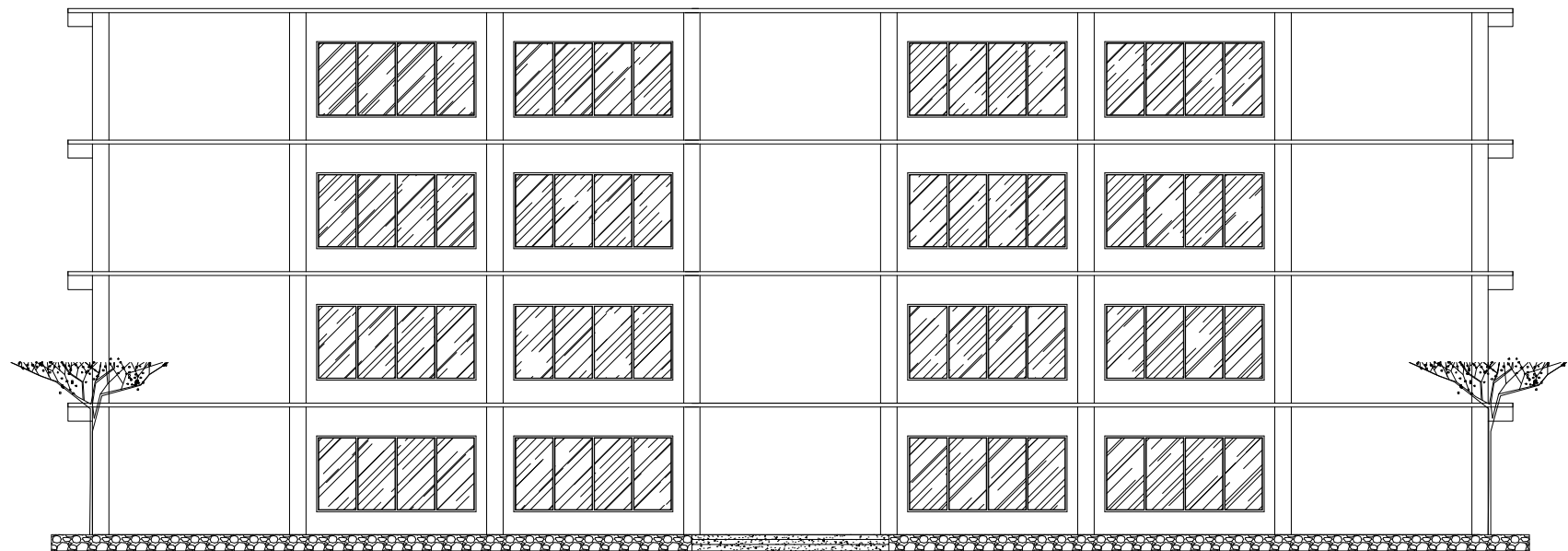
ARS

NOMOR GAMBAR

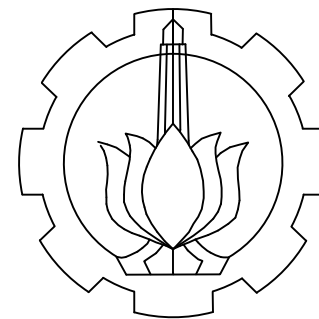
7



 **TAMPAK SAMPING KIRI**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



 **TAMPAK SAMPING KANAN**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

TAMPAK SAMPING KIRI
DAN KANAN

KETERANGAN

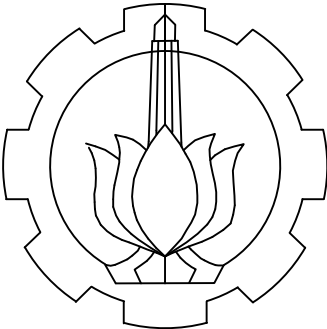
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

NOMOR GAMBAR

ARS

8



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A

KETERANGAN

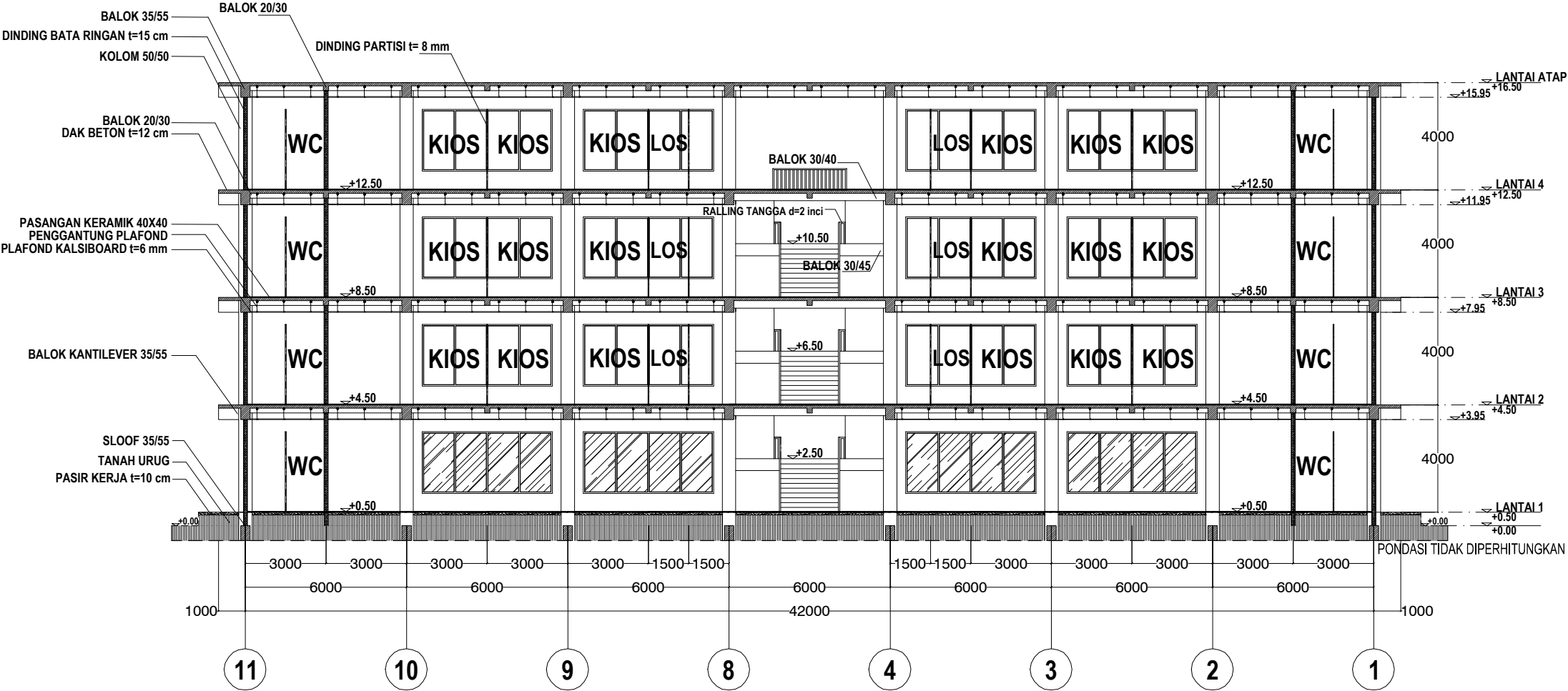
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

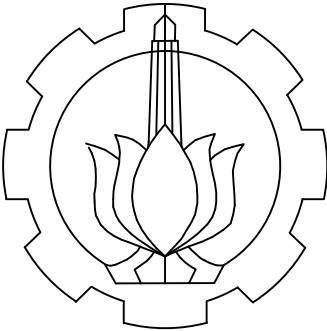
ARS

NOMOR GAMBAR

9



 **POTONGAN A-A**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B

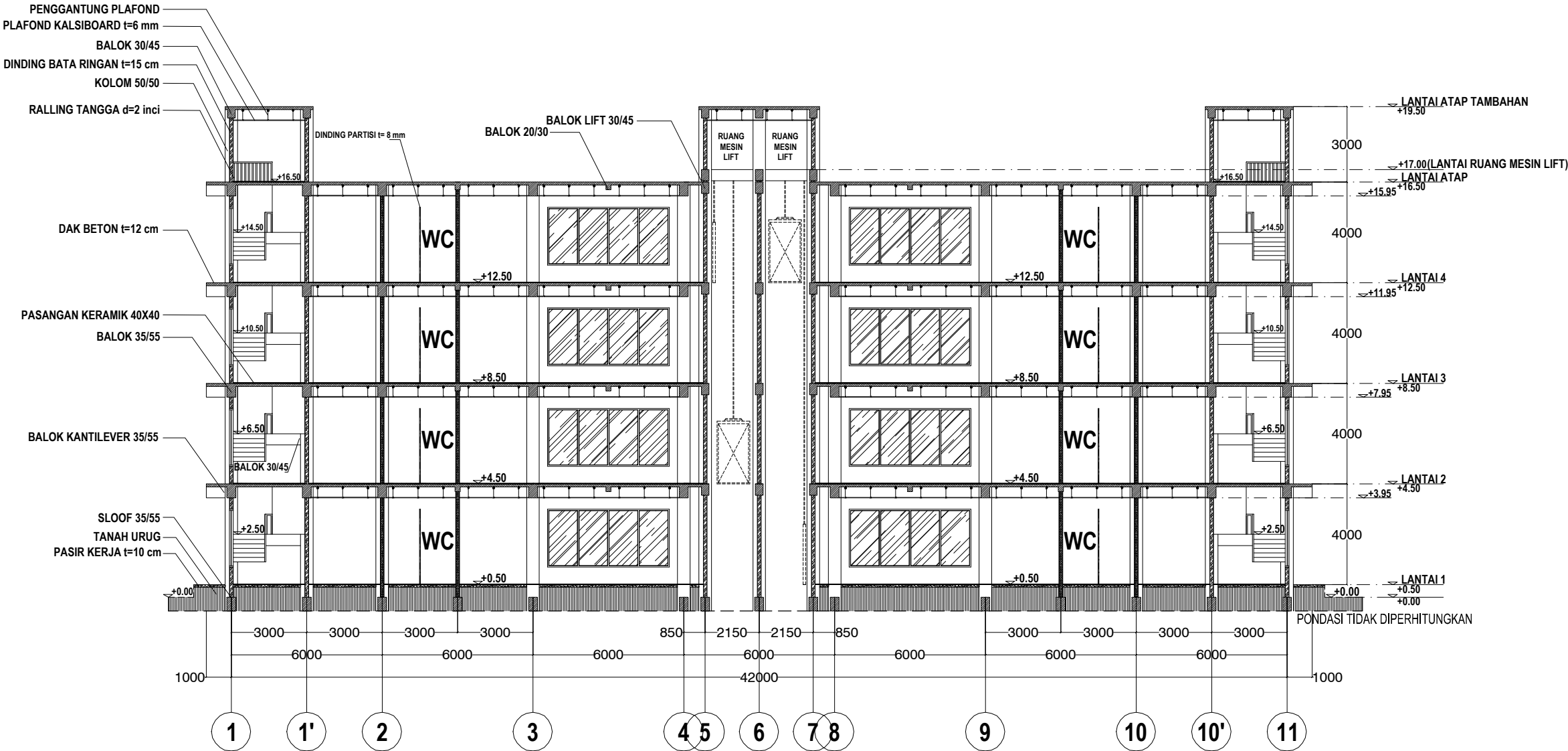
KETERANGAN

SKALA 1:200

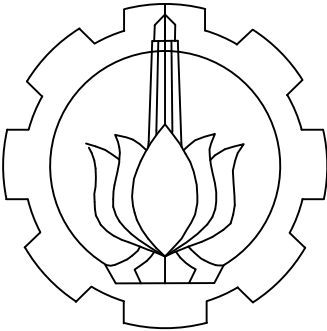
KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

ARS

10



POTONGAN B-B
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN
SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

POTONGAN C-C

KETERANGAN

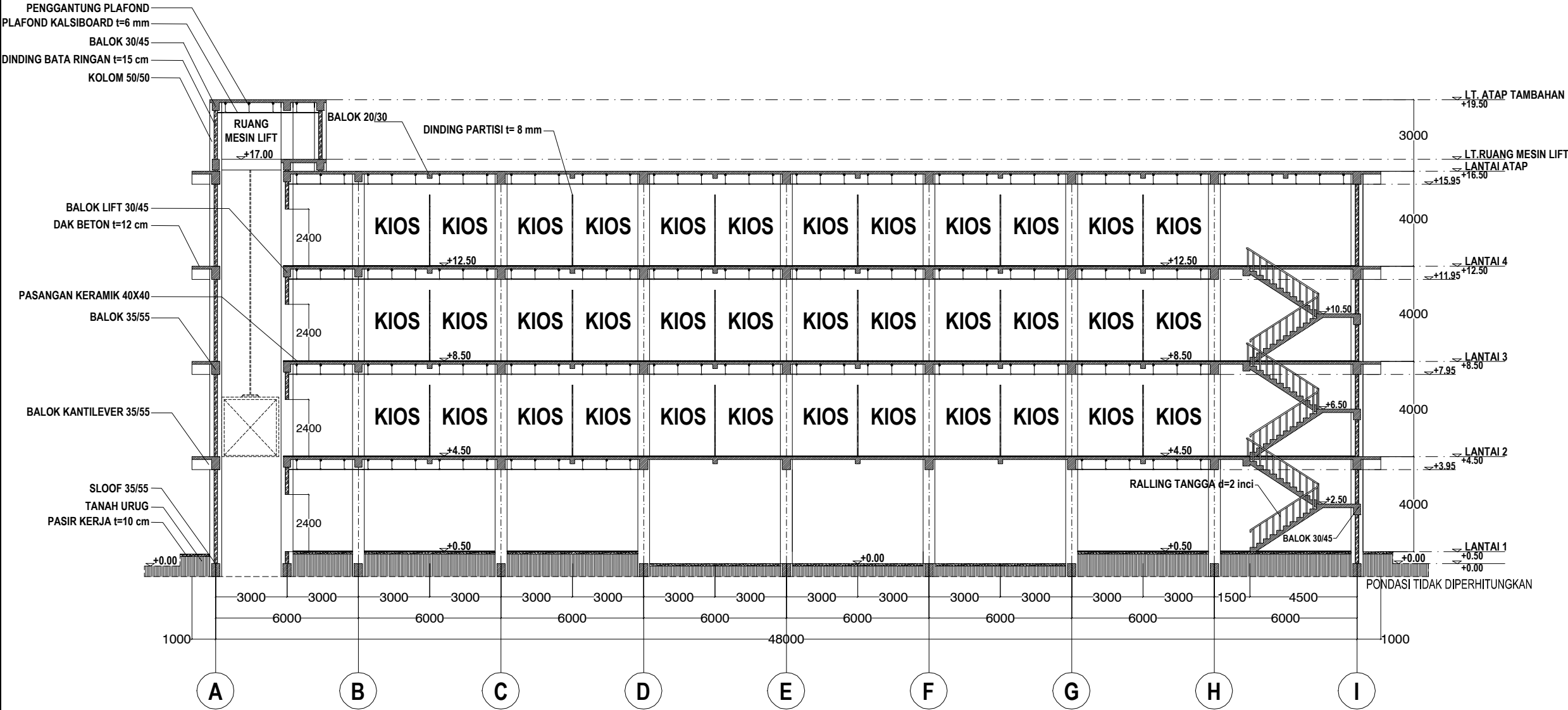
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

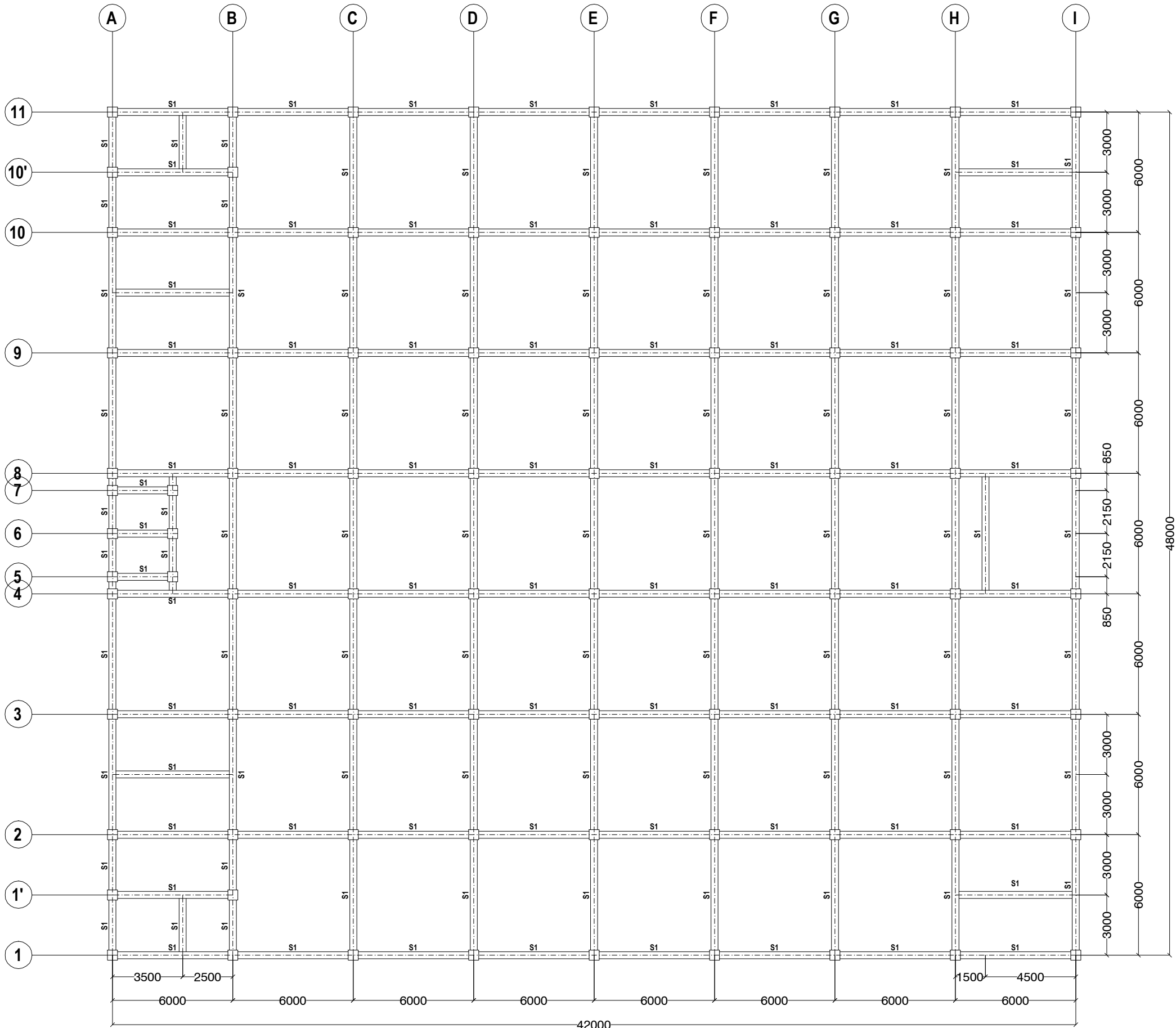
NOMOR GAMBAR

ARS

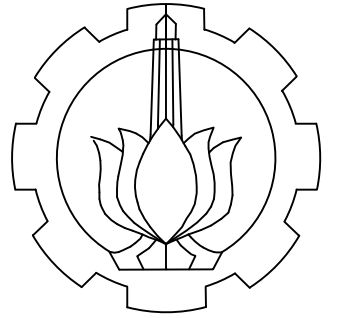
11



 **POTONGAN C-C**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN
SKALA 1:200



 **DENAH SLOOF**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH SLOOF

KETERANGAN

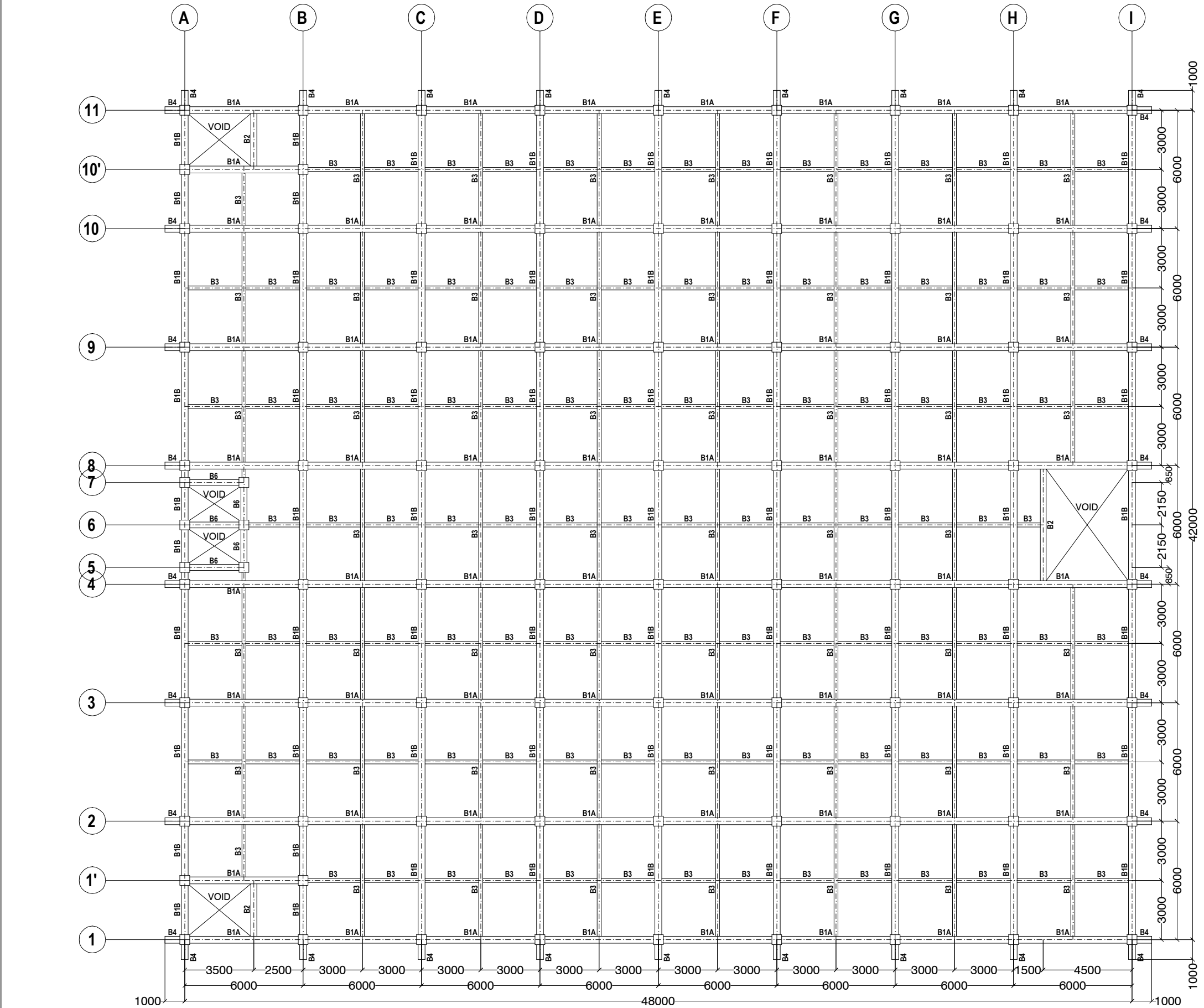
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

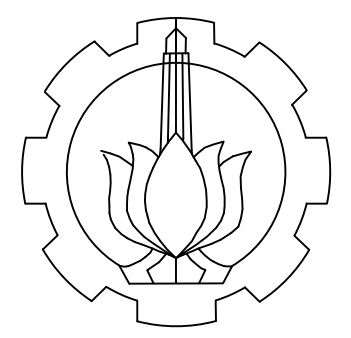
NOMOR GAMBAR

STR

12



 **DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2-4**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

**DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)**

DOSEN PEMBIMBING

**Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002**

NAMA MAHASISWA

**SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066**

NAMA GAMBAR

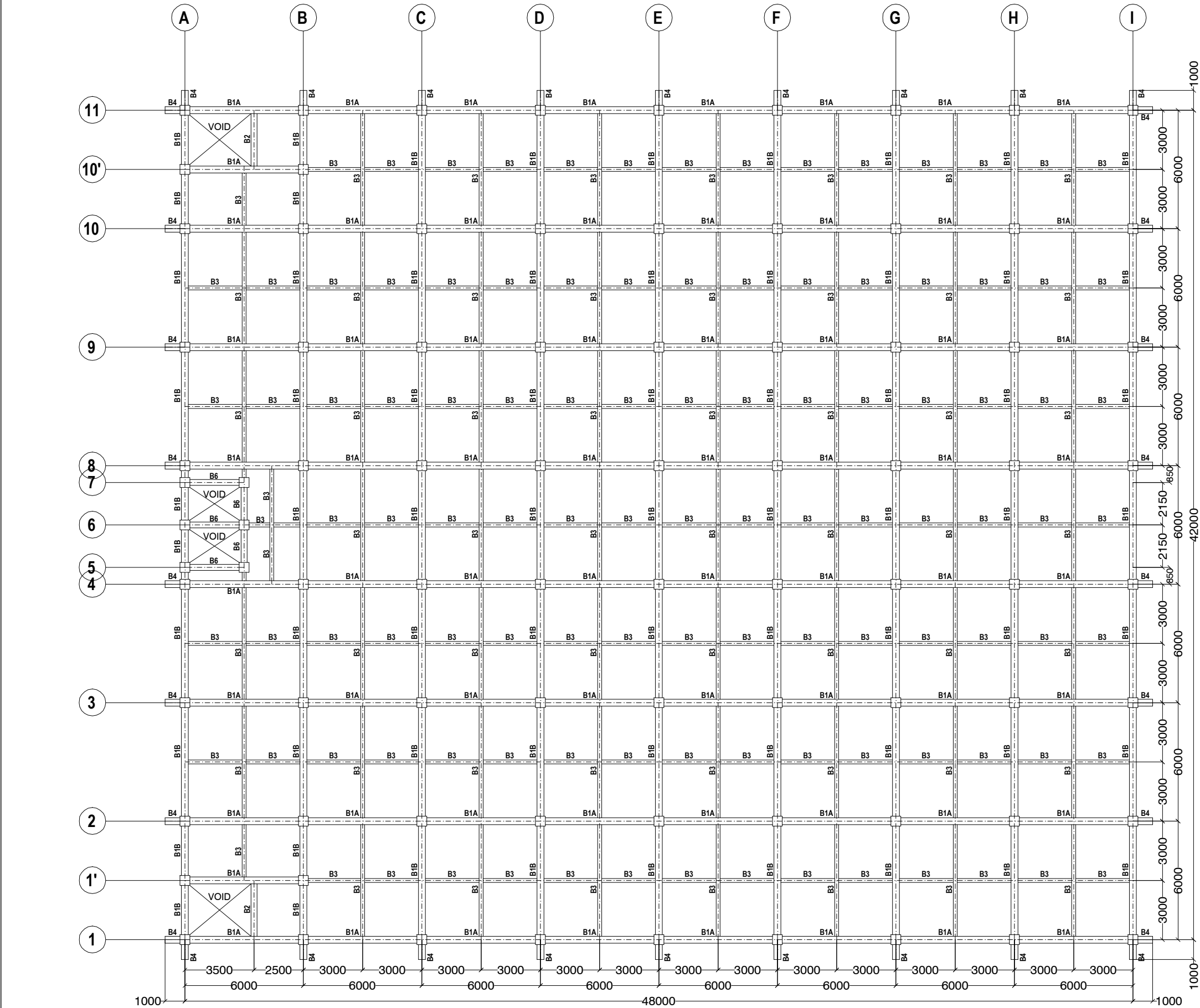
**DENAH PEMBALOKAN
LANTAI 2-4**

KETERANGAN

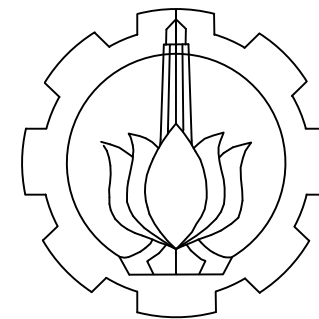
SKALA 1:200

KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

STR 13



 **DENAH PEMBALOKAN LANTAI ATAP**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN
LANTAI ATAP

KETERANGAN

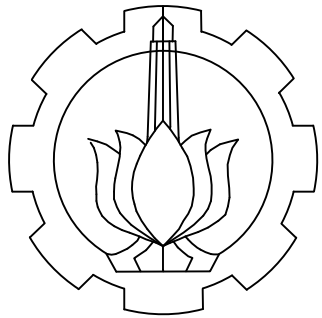
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

STR

NOMOR GAMBAR

14



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN
LANTAI RUANG MESIN LIFT

KETERANGAN

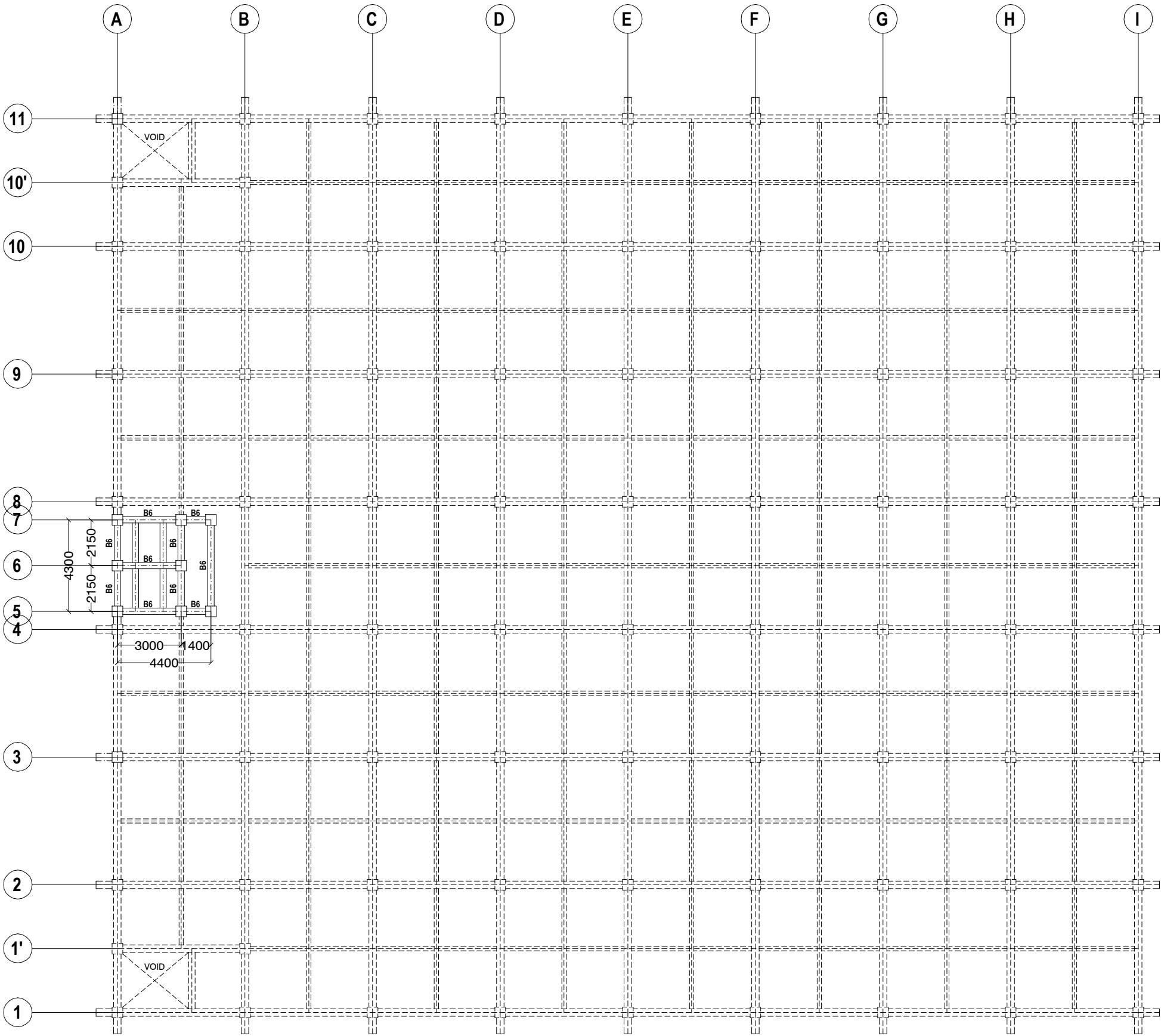
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

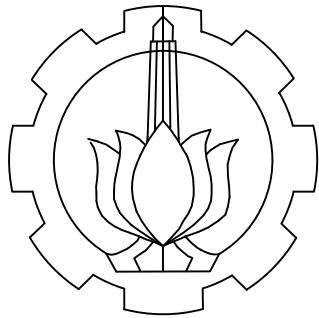
NOMOR GAMBAR

STR

15



DENAH PEMBALOKAN LANTAI RUANG MESIN LIFT
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN
SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKAPURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN
LANTAI ATAP TAMBAHAN

KETERANGAN

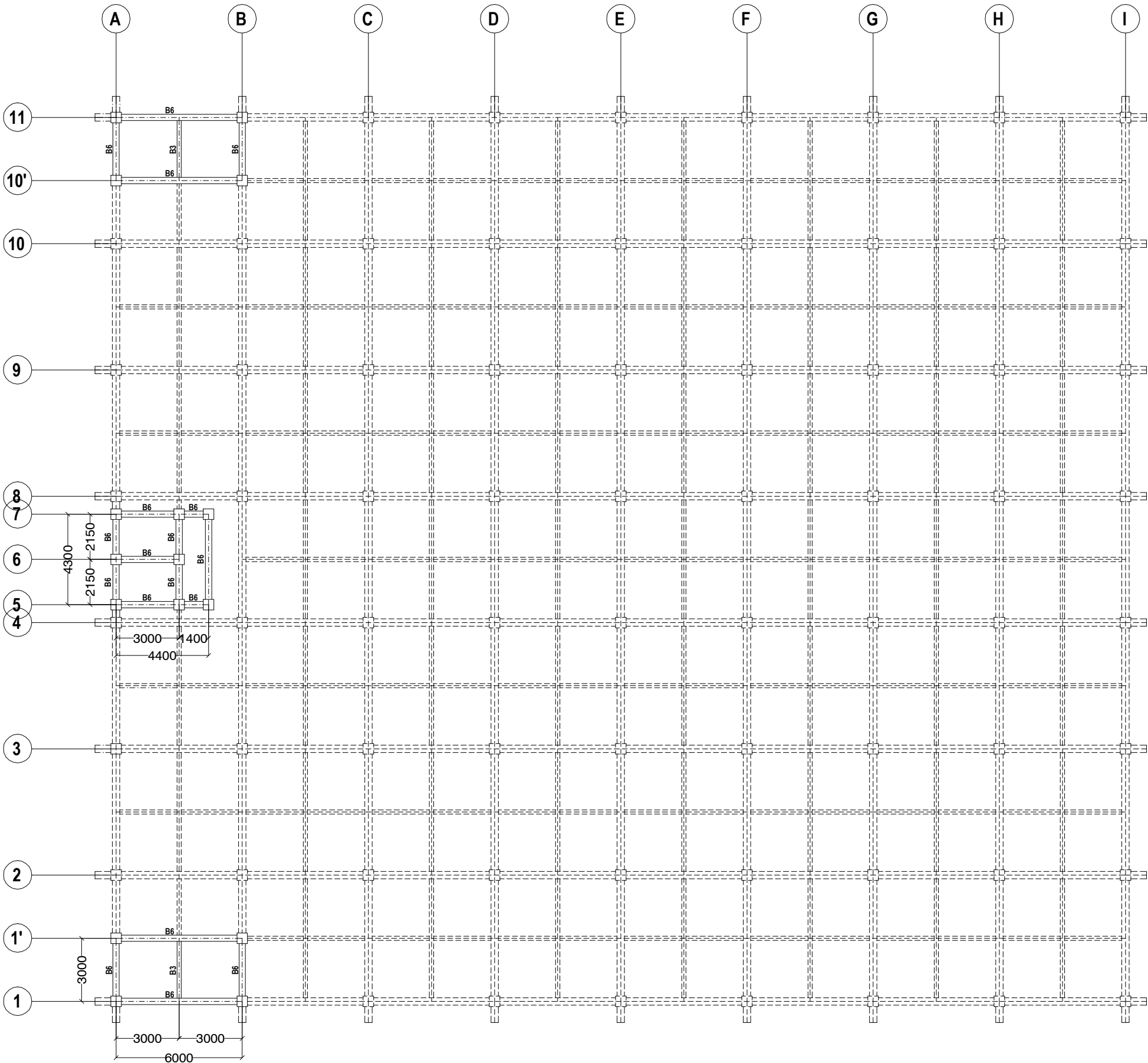
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

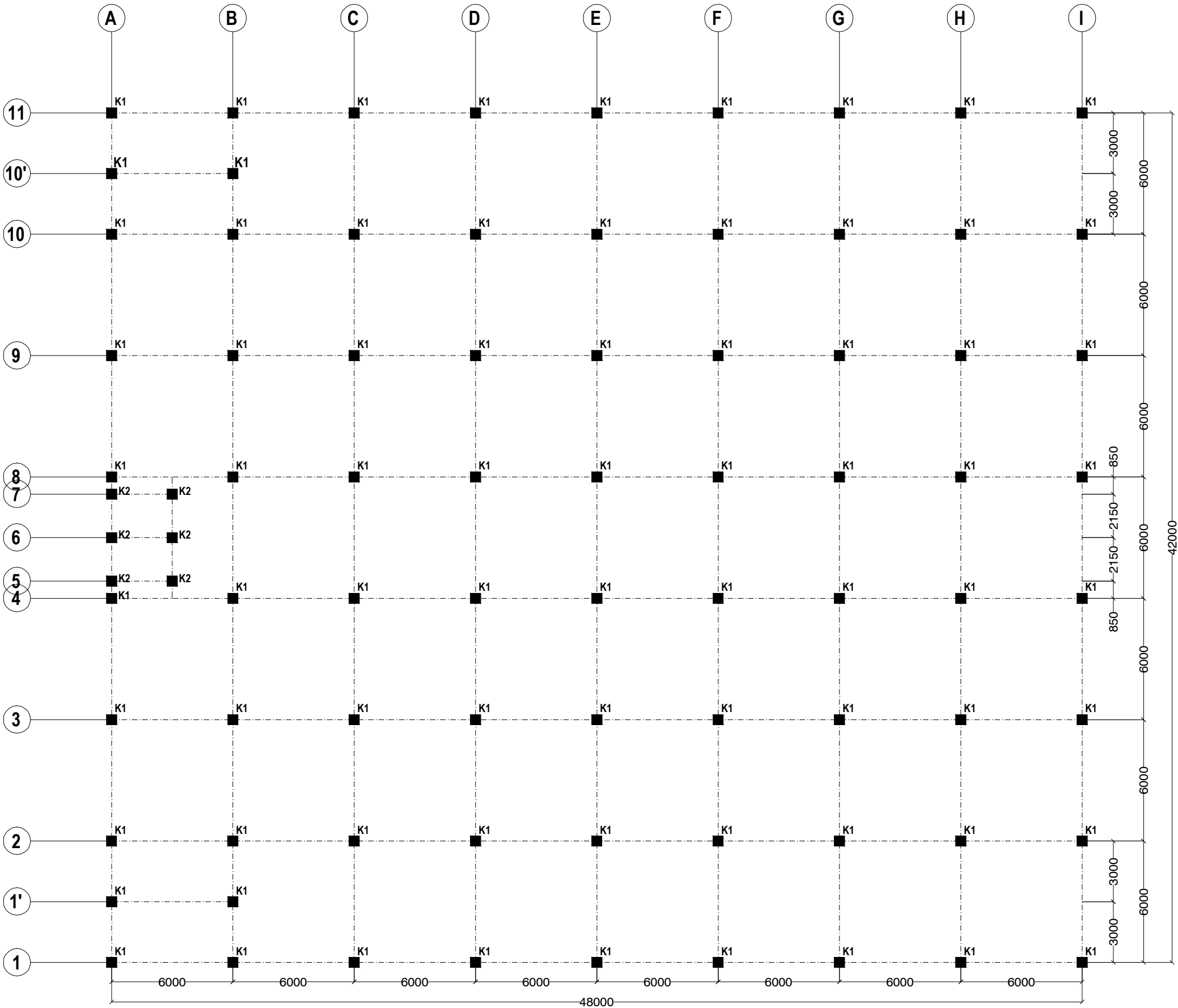
NOMOR GAMBAR

STR

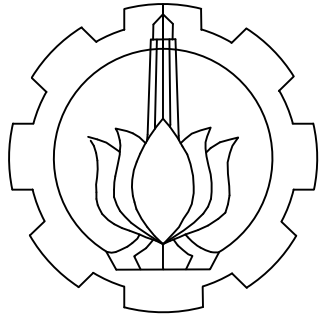
16



DENAH PEMBALOKAN LANTAI ATAP TAMBAHAN
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN
SKALA 1:200



 **DENAH KOLOM**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKAPURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM

KETERANGAN

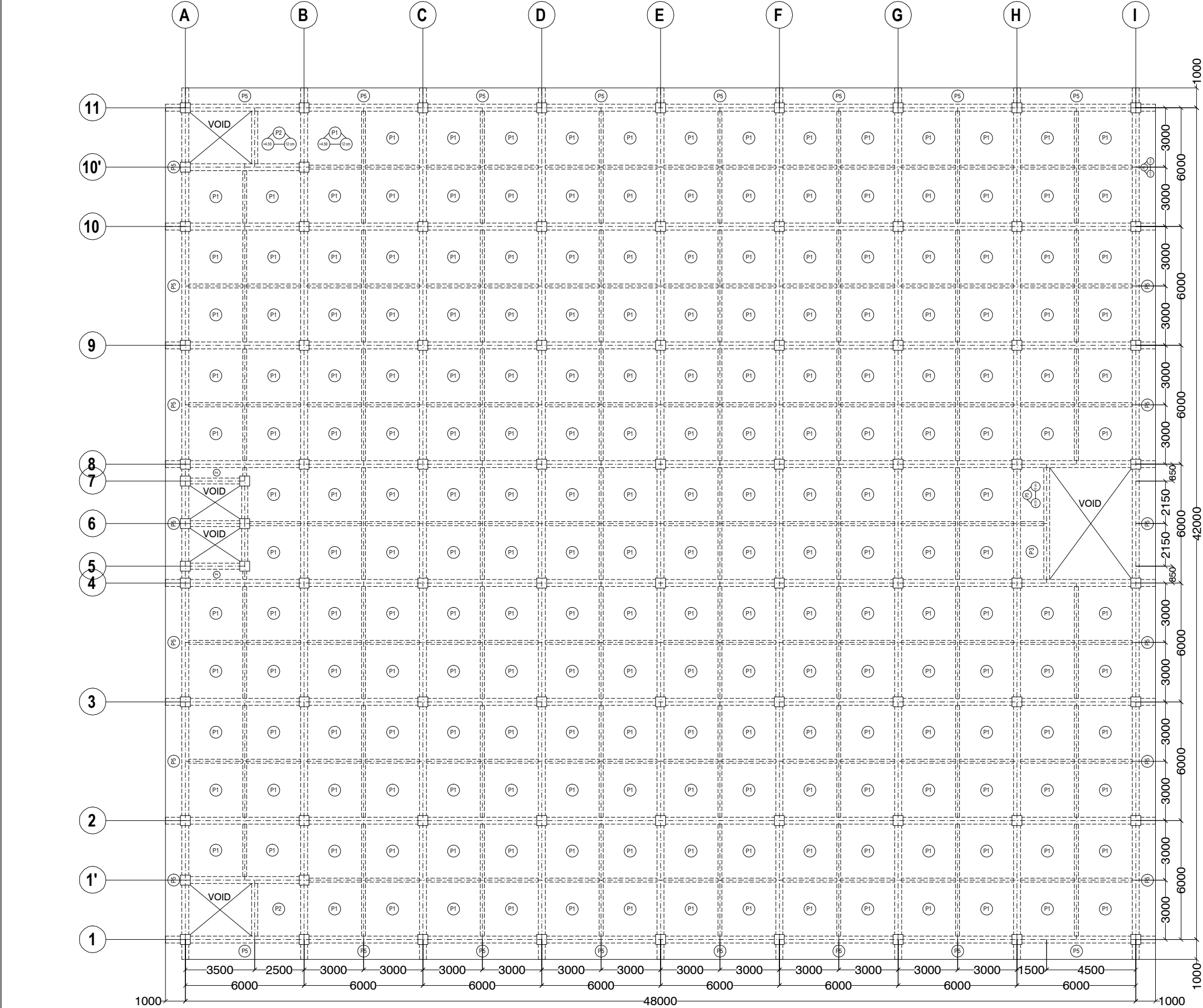
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

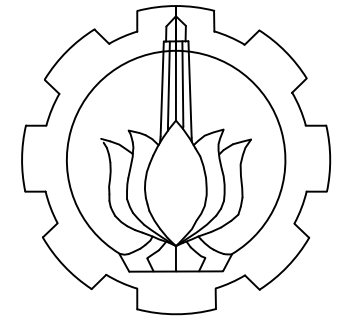
NOMOR GAMBAR

STR

17



 **DENAH PELAT LANTAI 2-4**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT
LANTAI 2-4

KETERANGAN

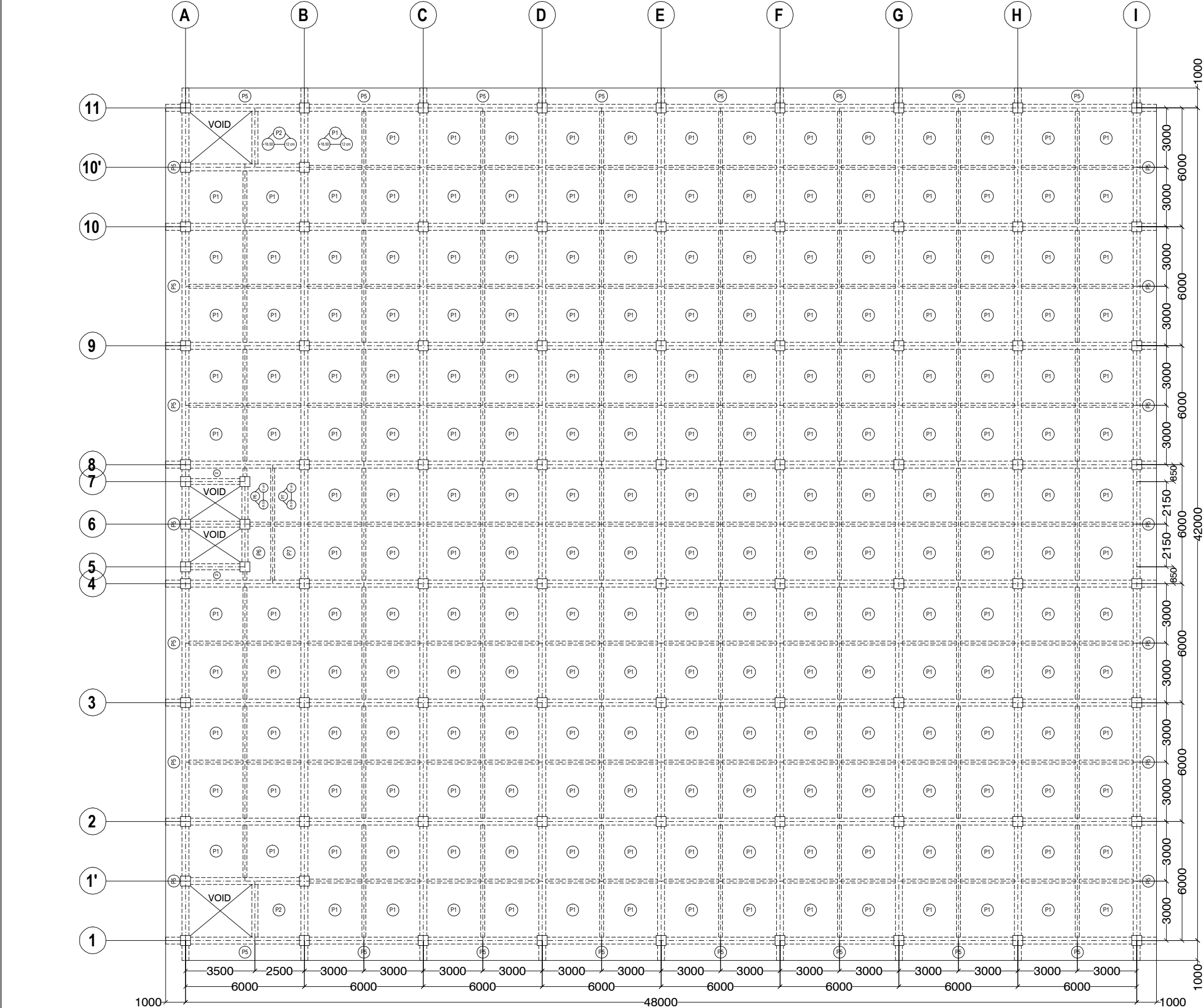
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

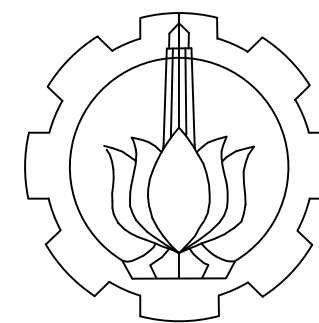
STR

NOMOR GAMBAR

18



 **DENAH PELAT LANTAI ATAP**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

**DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)**

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI ATAP

KETERANGAN

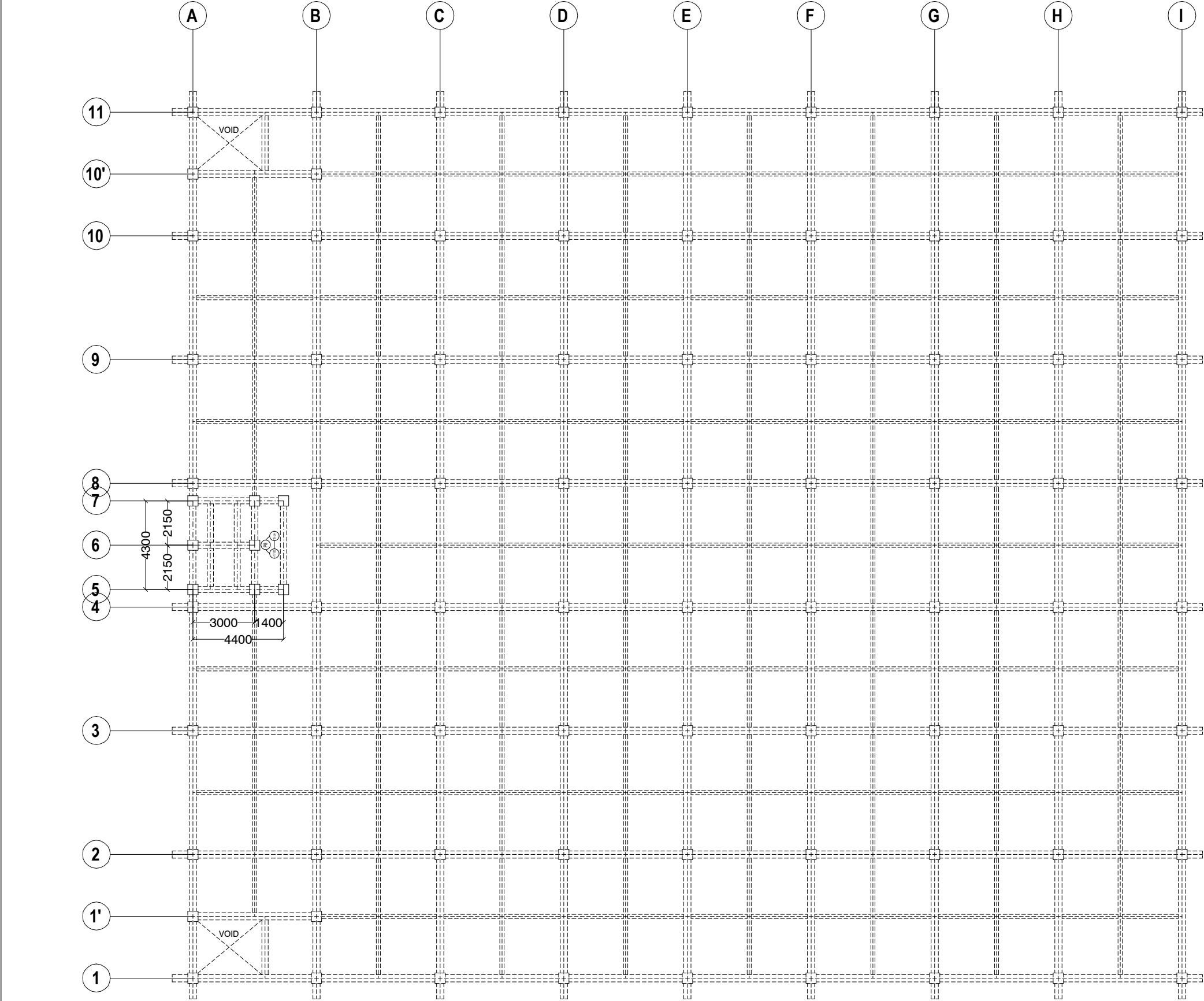
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

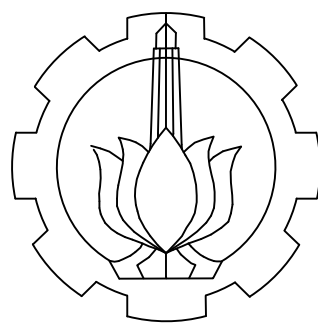
NOMOR GAMBAR

STR

19



 **DENAH PELAT LANTAI RUANG MESIN LIFT**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

**DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)**

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKAPURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

**DENAH PELAT LANTAI
RUANG MESIN LIFT**

KETERANGAN

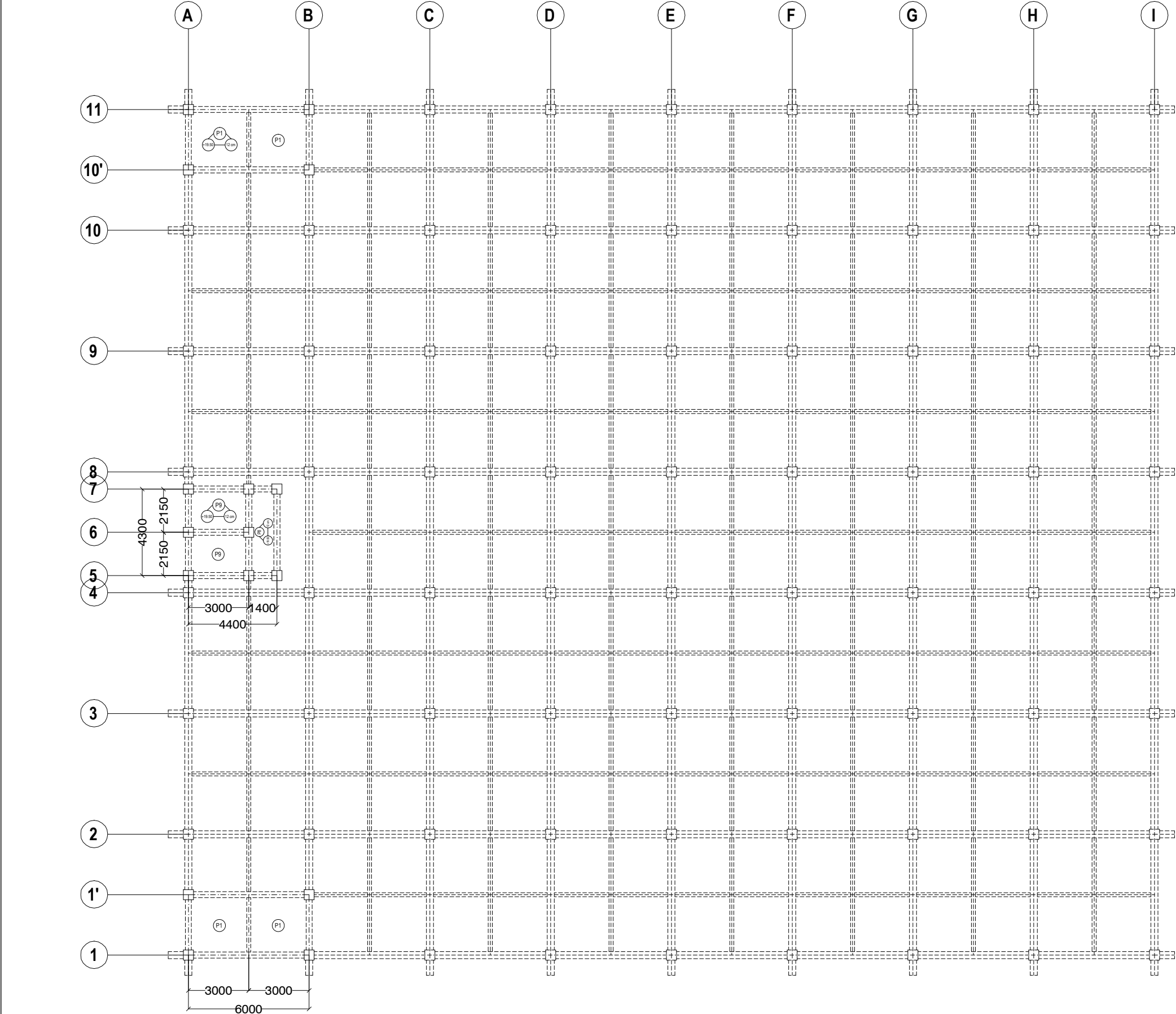
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

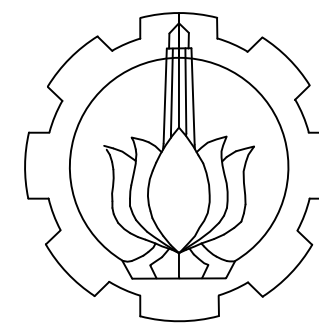
NOMOR GAMBAR

STR

20



 **DENAH PELAT LANTAI ATAP TAMBAHAN**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT
LANTAI ATAP TAMBAHAN

KETERANGAN

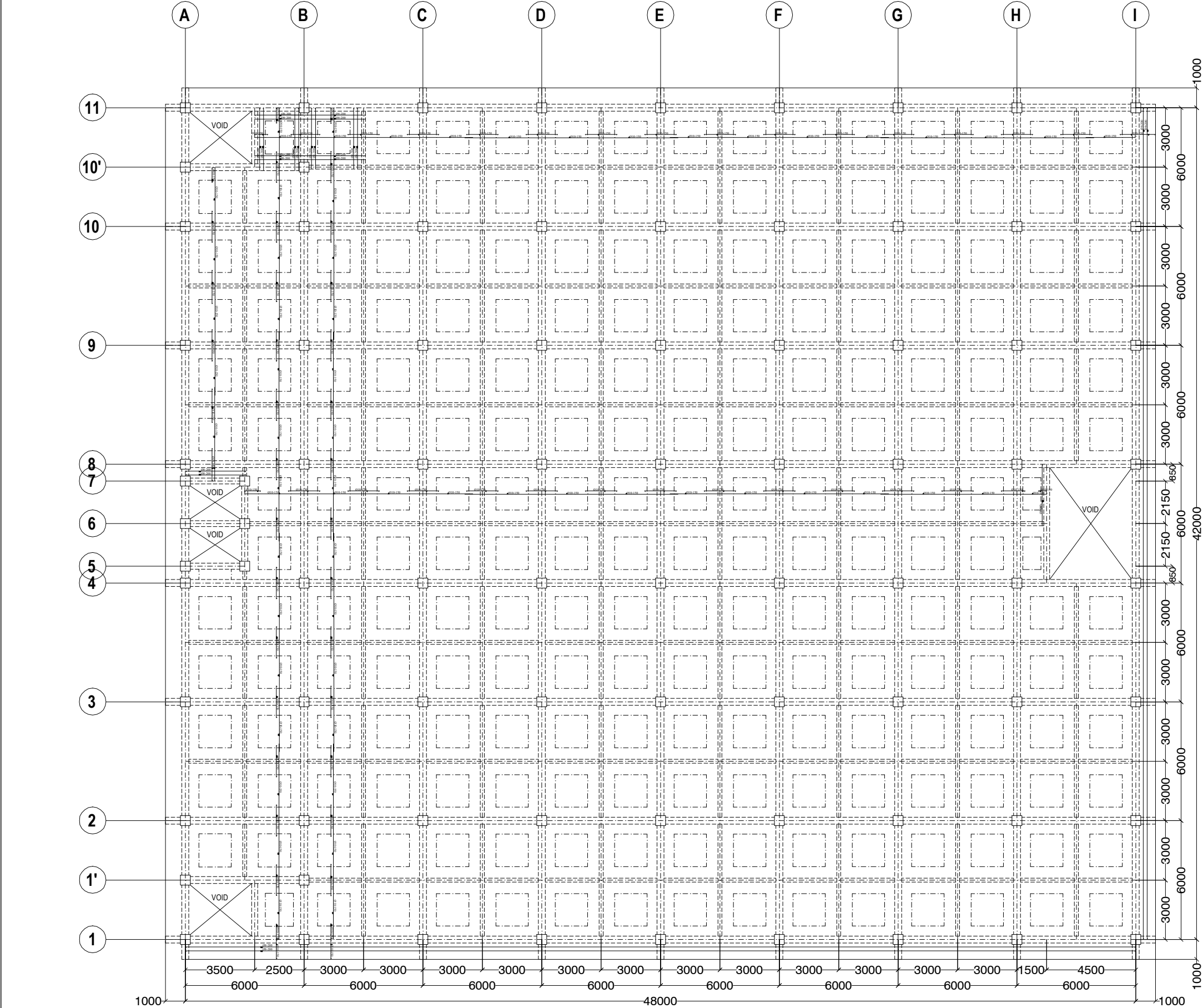
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

NOMOR GAMBAR

STR

21



 **PENULANGAN PELAT LANTAI 2-4**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT
LANTAI 2-4

KETERANGAN

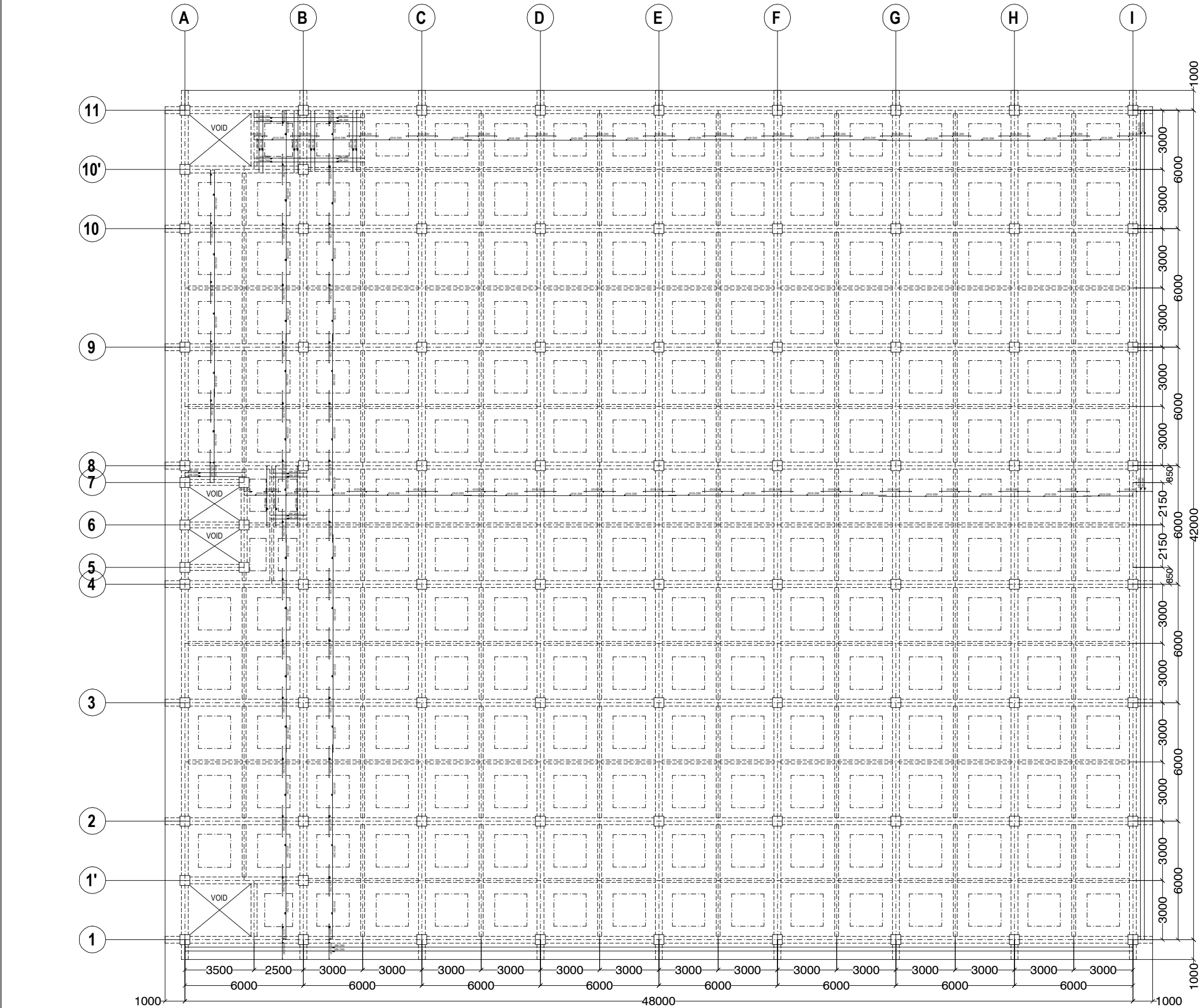
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

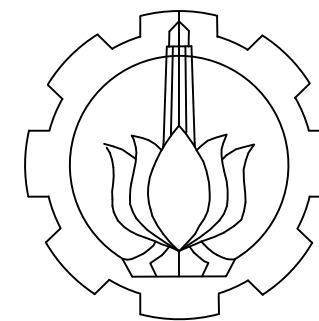
STR

NOMOR GAMBAR

22



 **PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT
LANTAI ATAP

KETERANGAN

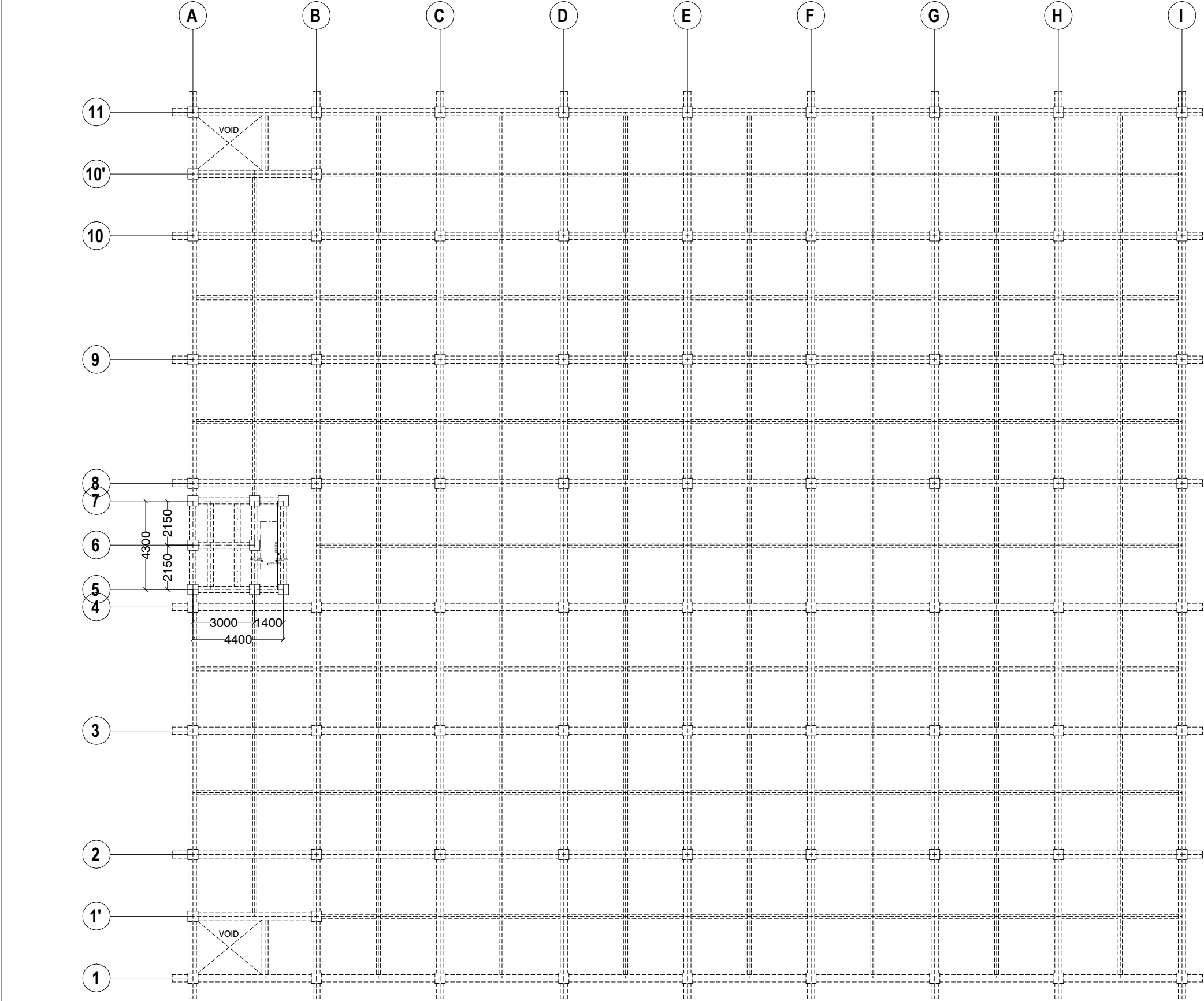
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

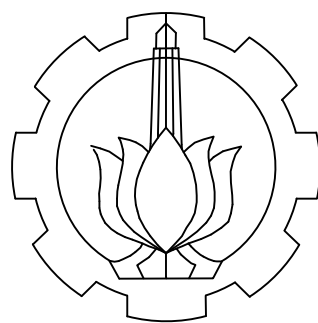
STR

NOMOR GAMBAR

23



 **PENULANGAN PELAT LANTAI RUANG MESIN LIFT**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKAPURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT
LANTAI RUANG MESIN LIFT

KETERANGAN

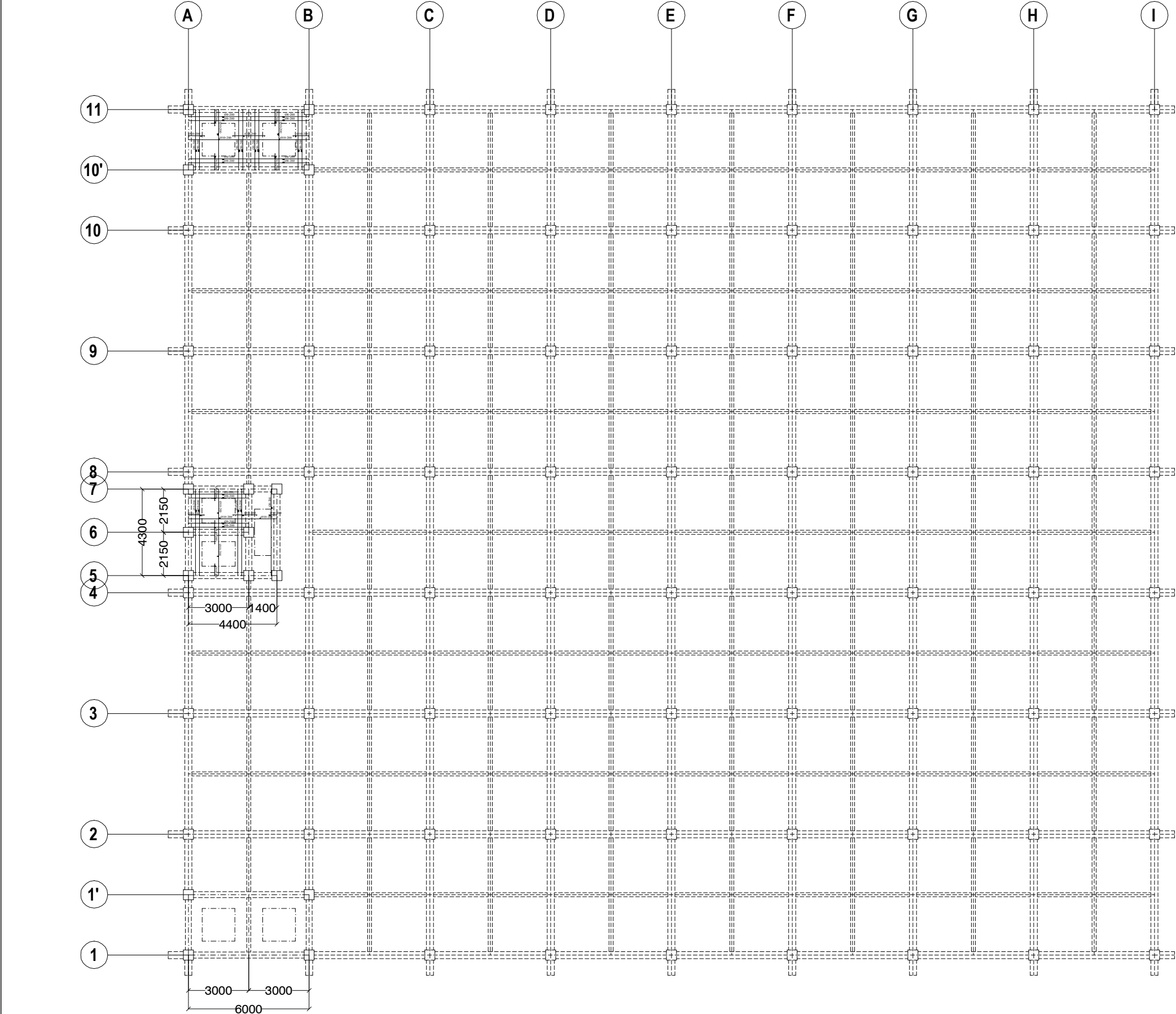
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

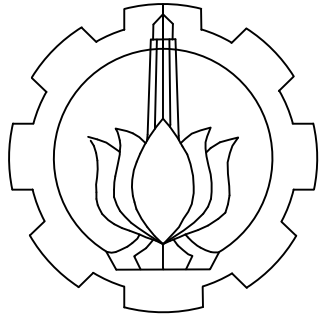
NOMOR GAMBAR

STR

24



 **PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP TAMBAHAN**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PELAT
LANTAI ATAP TAMBAHAN

KETERANGAN

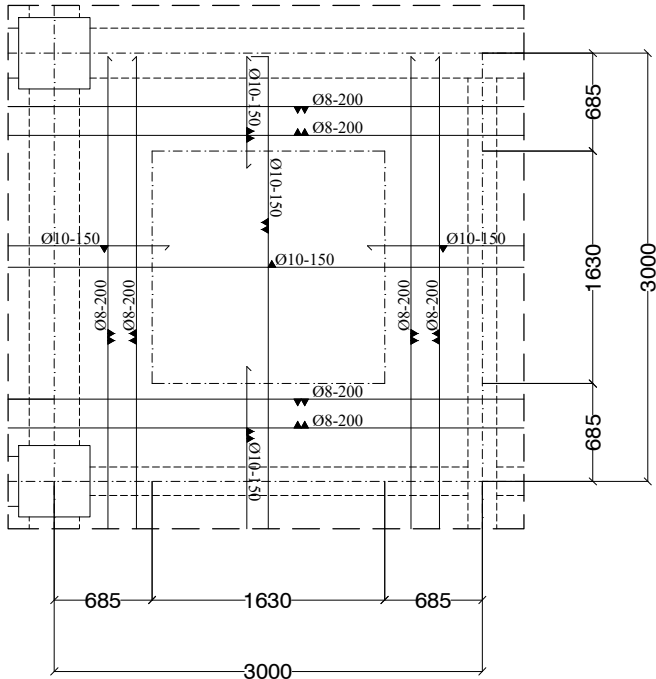
SKALA 1:200

KODE GAMBAR

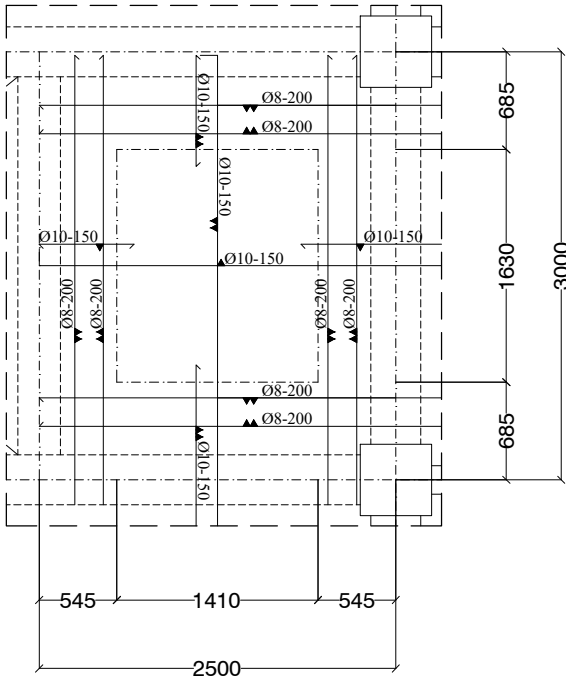
NOMOR GAMBAR

STR

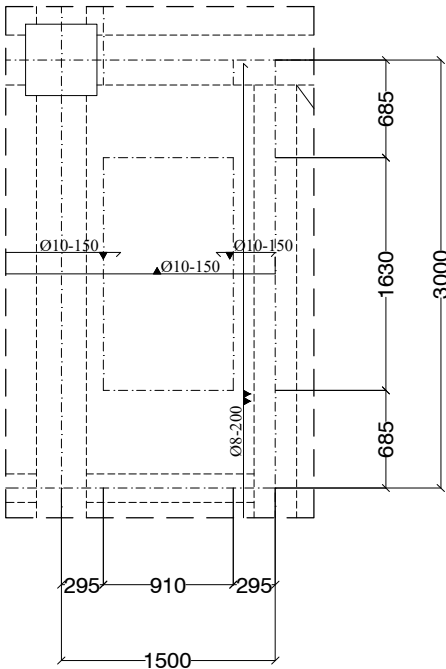
25



TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P1	DUA ARAH	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø8-200	Ø8-200



TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P2	DUA ARAH	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø8-200	Ø8-200

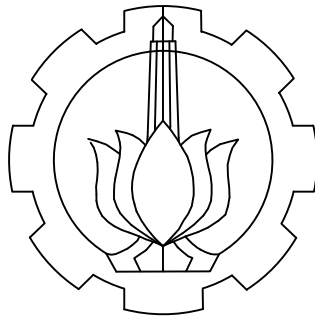


TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P3	SATU ARAH	Ø10-150	-	Ø10-150	-	-	Ø8-200



DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI 2-4
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN

SKALA 1:50



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PELAT LANTAI 2-4

KETERANGAN

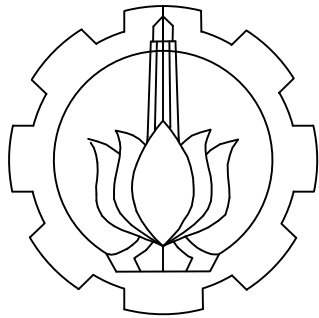
SKALA 1:50

KODE GAMBAR

NOMOR GAMBAR

STR

26a



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISK A PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PELAT LANTAI 2-4

KETERANGAN

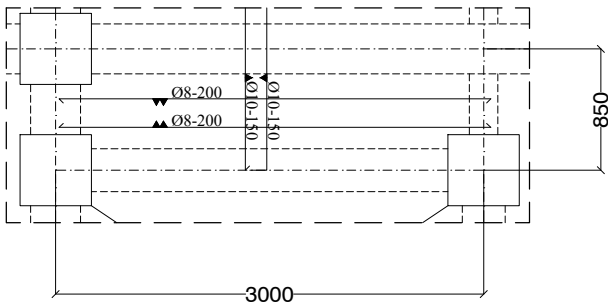
SKALA 1:50

KODE GAMBAR

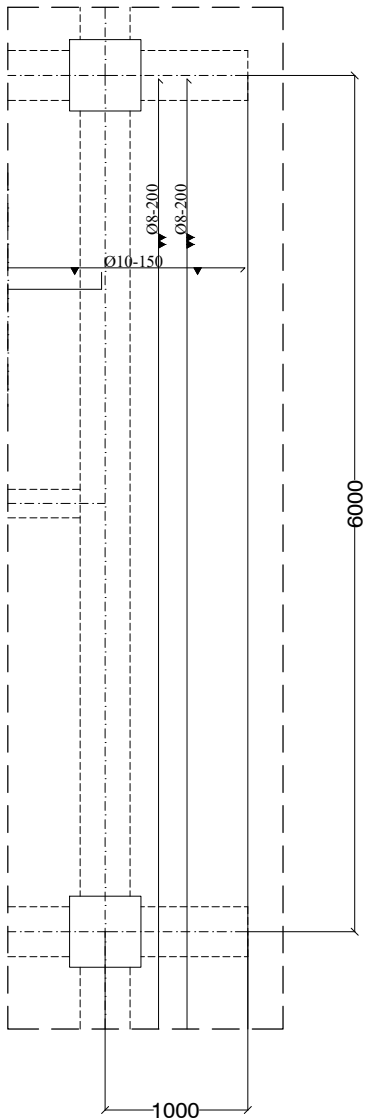
NOMOR GAMBAR

STR

26b



TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P4	SATU ARAH	Ø10-150	-	Ø10-150	-	-	Ø8-200

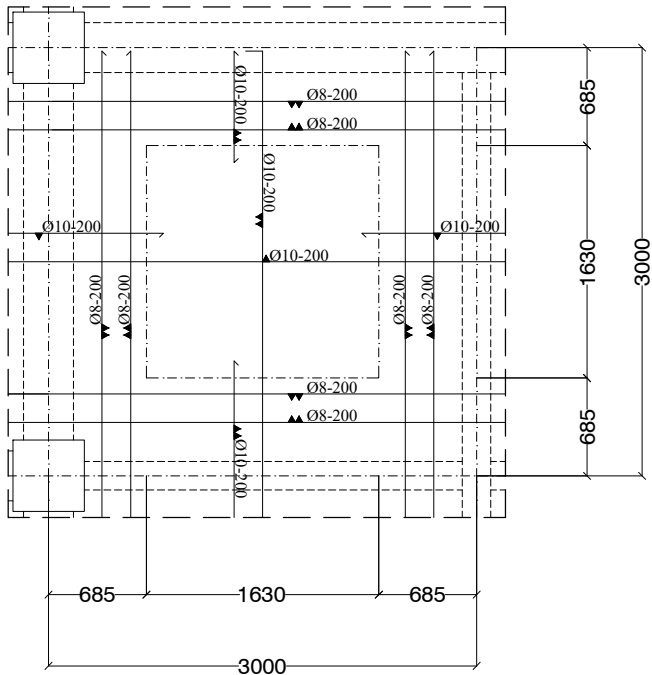


TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P5	SATU ARAH	Ø10-150	-	Ø10-150	-	-	Ø8-200

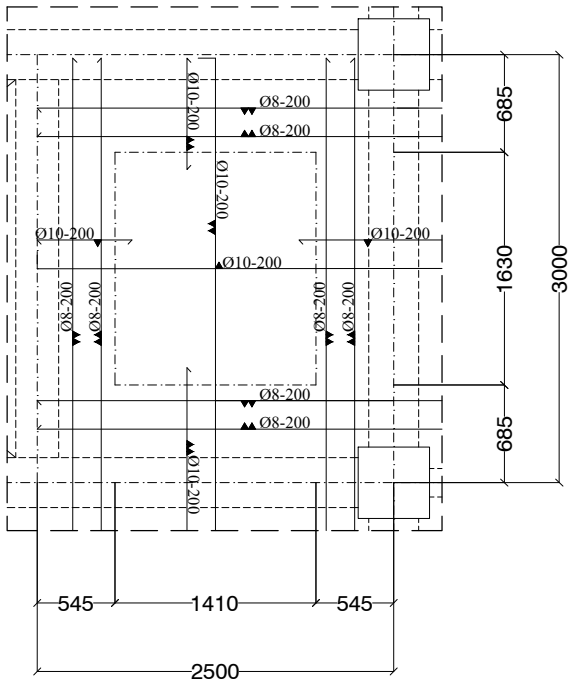


DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI 2-4
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN

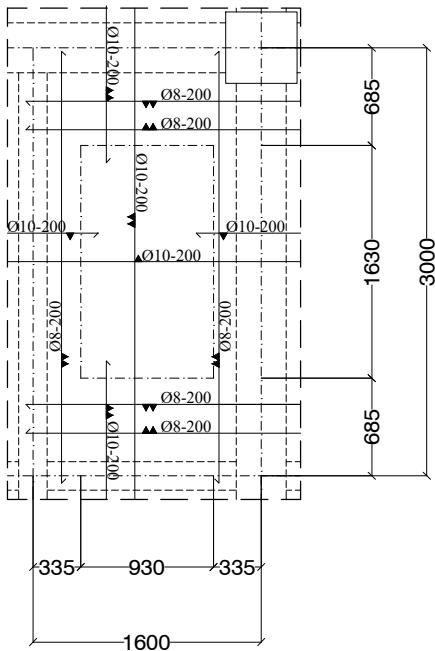
SKALA 1:50



TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P1	DUA ARAH	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø8-200	Ø8-200



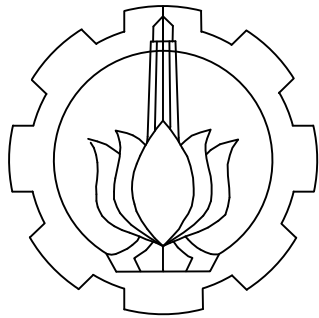
TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P2	DUA ARAH	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø8-200	Ø8-200



TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P7	DUA ARAH	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø8-200	Ø8-200



DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN
SKALA 1:50



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PELAT LANTAI ATAP

KETERANGAN

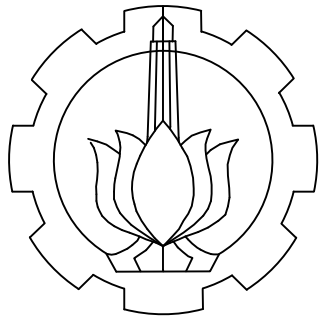
SKALA 1:50

KODE GAMBAR

NOMOR GAMBAR

STR

27a



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PELAT LANTAI ATAP

KETERANGAN

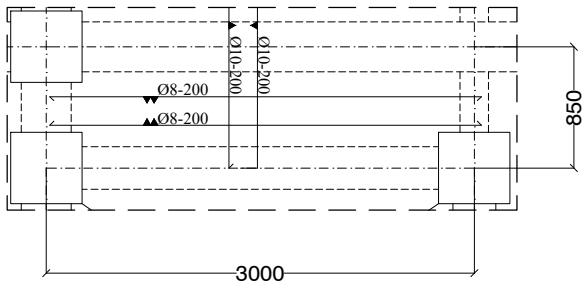
SKALA 1:50

KODE GAMBAR

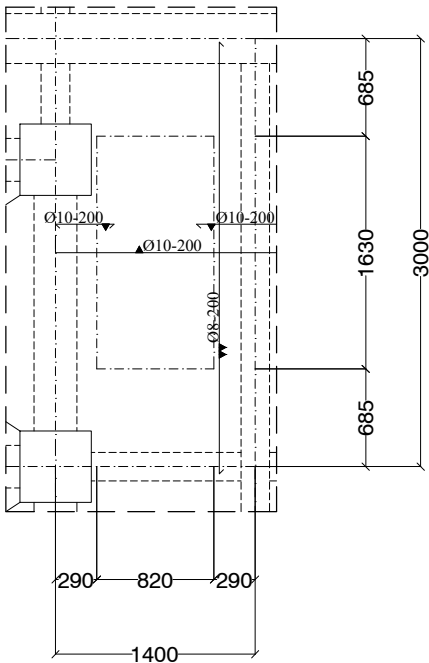
NOMOR GAMBAR

STR

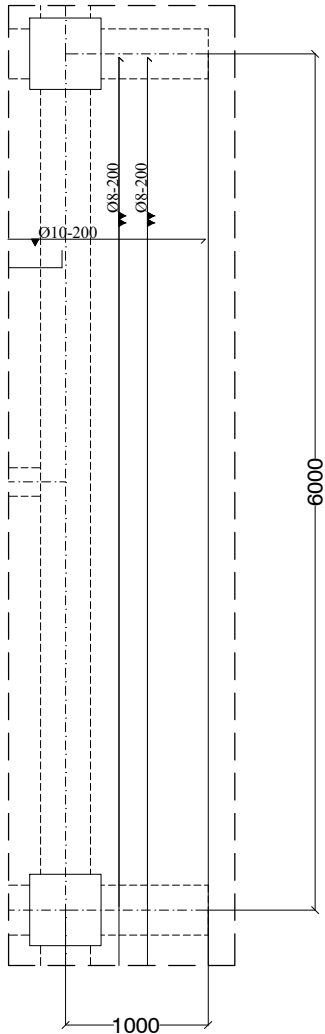
27b



TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P4	SATU ARAH	Ø10-200	-	Ø10-200	-	-	Ø8-200



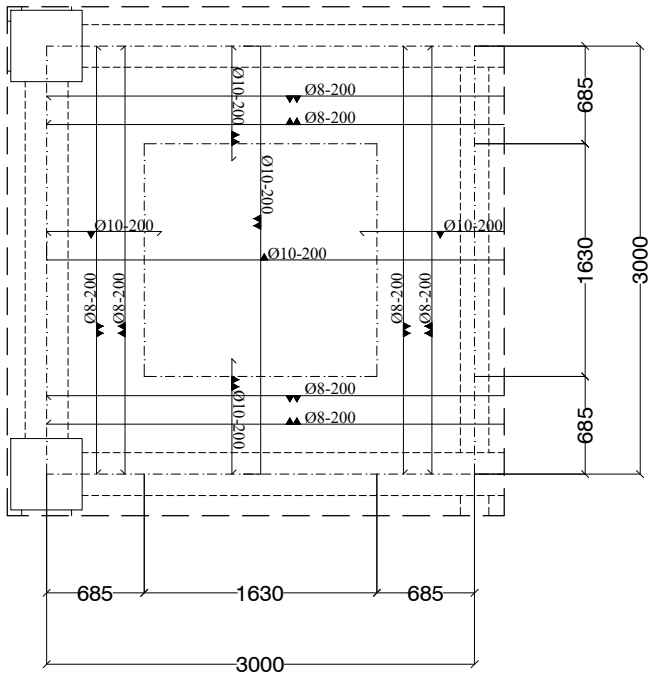
TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P6	SATU ARAH	Ø10-200	-	Ø10-200	-	-	Ø8-200



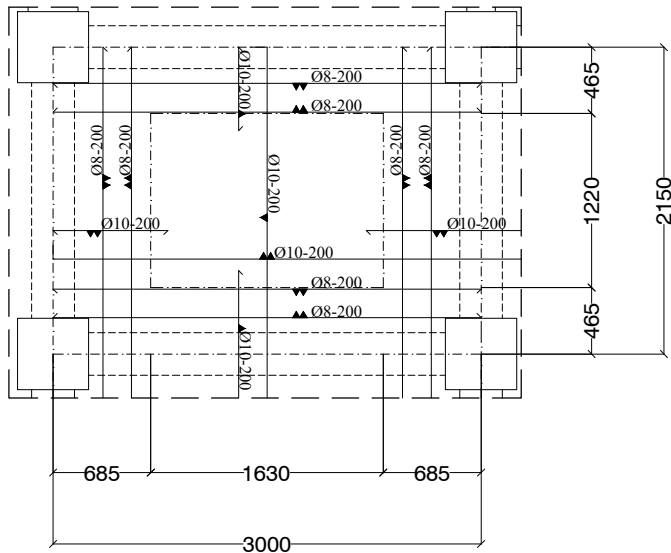
TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P5	SATU ARAH	Ø10-200	-	Ø10-200	-	-	Ø8-200



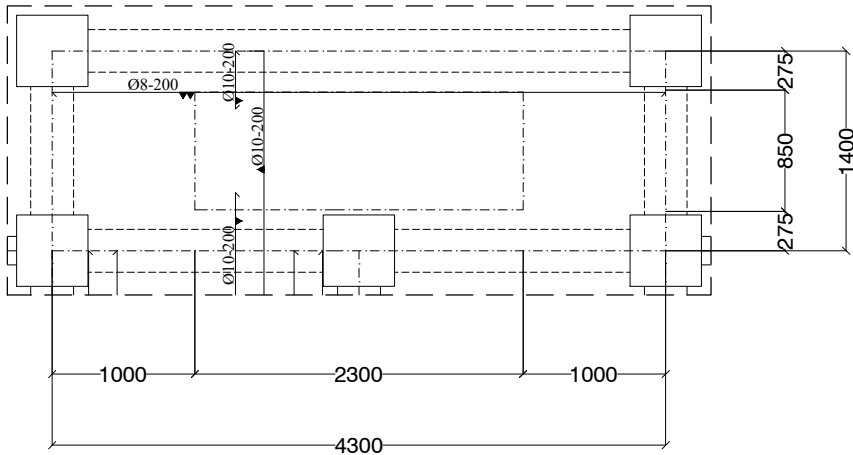
DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:50



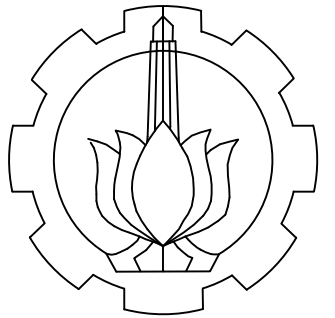
TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P1	DUA ARAH	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø8-200	Ø8-200



TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P9	DUA ARAH	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø8-200	Ø8-200



TIPE PELAT	ARAH	TULANGAN UTAMA				TULANGAN SUSUT	
		TUMPUAN		LAPANGAN		TUMPUAN	
		X	Y	X	Y	X	Y
P8	SATU ARAH	Ø10-200	-	Ø10-200	-	-	Ø8-200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT
LANTAI ATAP TAMBAHAN

KETERANGAN

SKALA 1:50

KODE GAMBAR

NOMOR GAMBAR

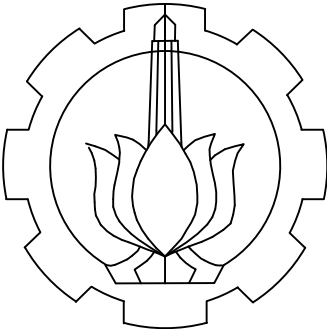
STR

28



DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP TAMBAHAN
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN

SKALA 1:50



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

PORTAL MEMANJANG AS 8/A-I

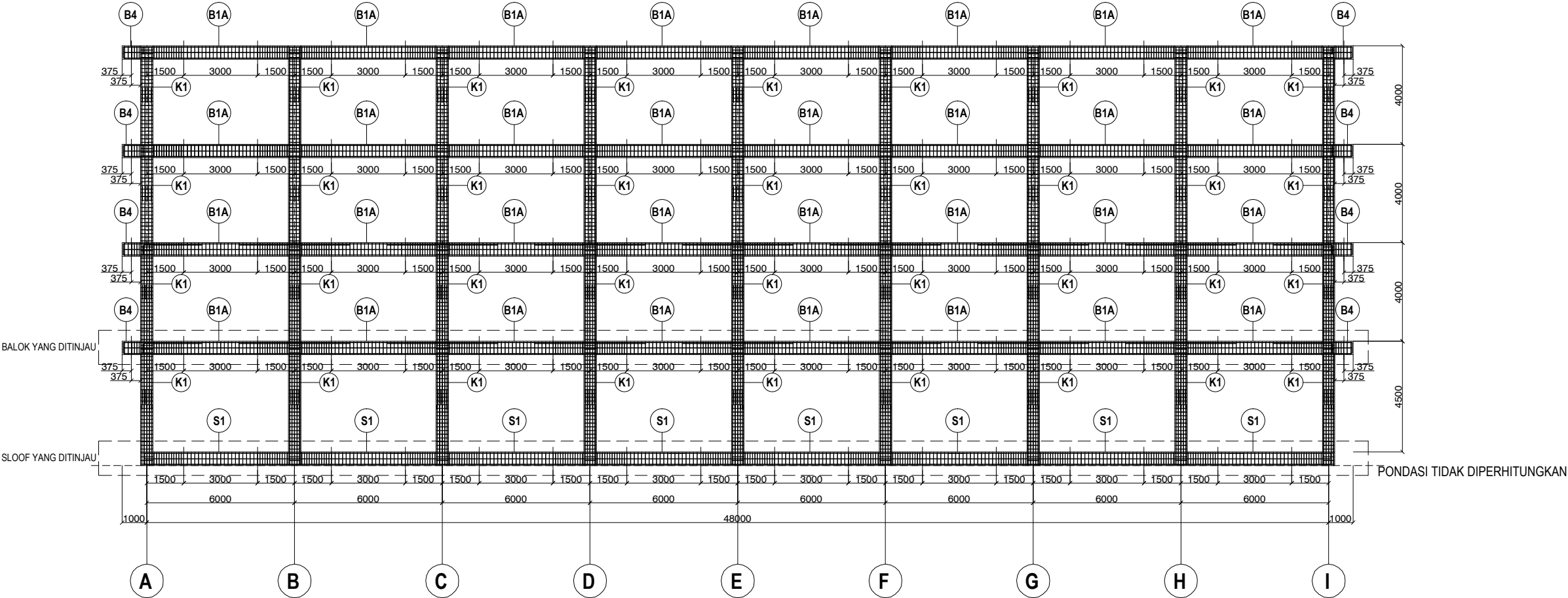
KETERANGAN

SKALA 1:200

KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

STR

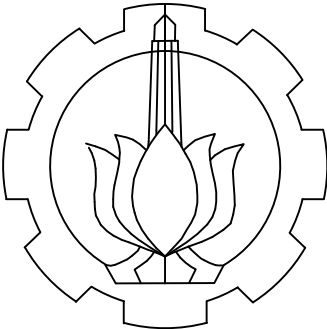
29



NO.	KODE	KETERANGAN
1	B1A	350 X 550
2	B4	350 X 550
3	K1	500 X 500
4	S1	350 X 550



PORTAL MEMANJANG AS 8/A-I
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN
SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

PORTAL MELINTANG AS H/1-11

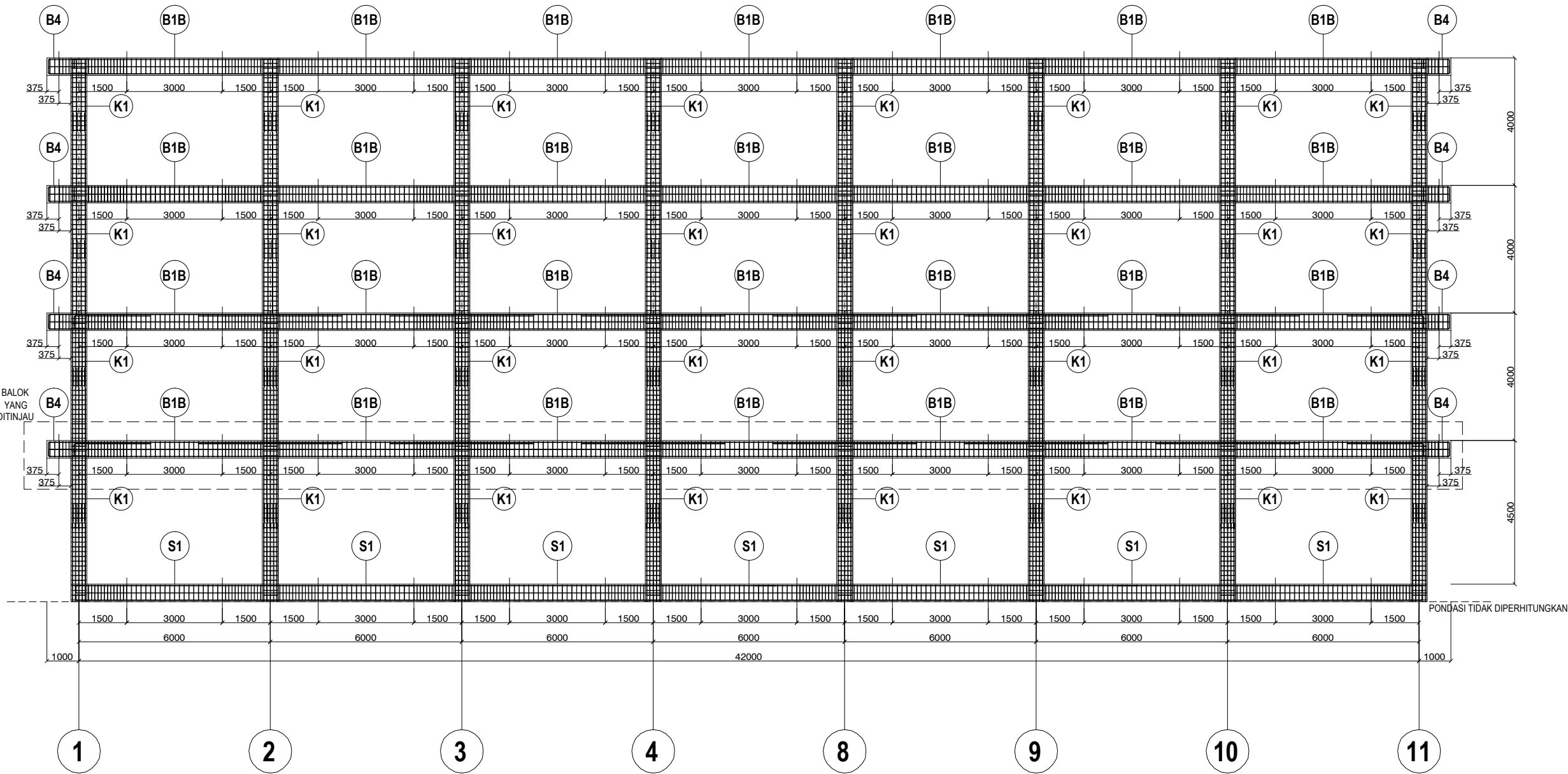
KETERANGAN

SKALA 1:150

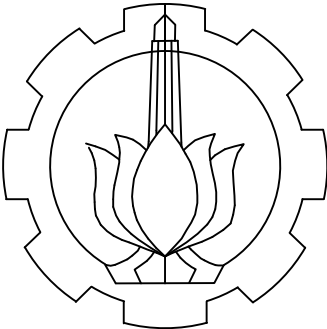
KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

STR

30



NO.	KODE	KETERANGAN
1	B1B	350 X 550
2	B4	350 X 550
3	K1	500 X 500
4	S1	350 X 550



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

PORTAL SLOOF
-AS 8 A-D
-AS 8 D-G

KETERANGAN

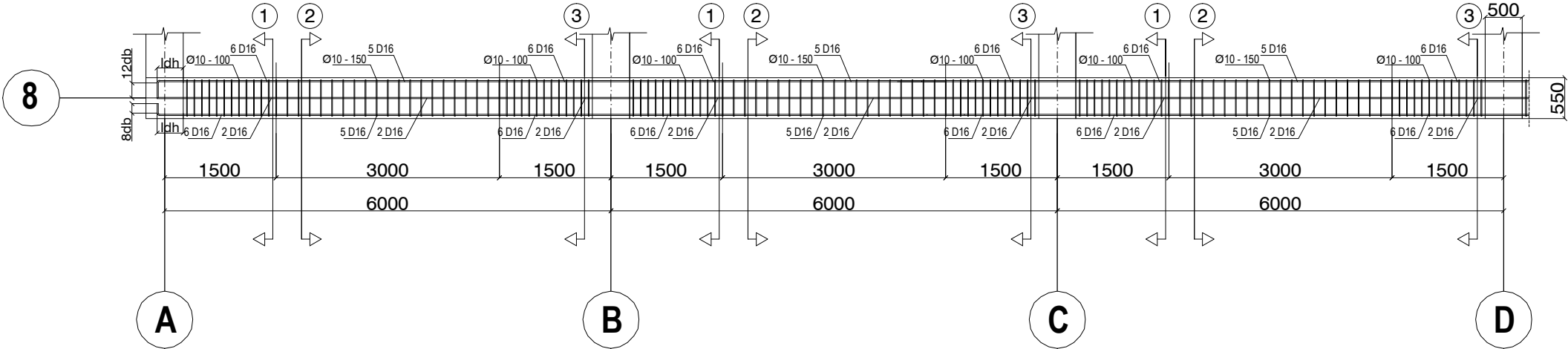
SKALA 1:75

KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

STR

31

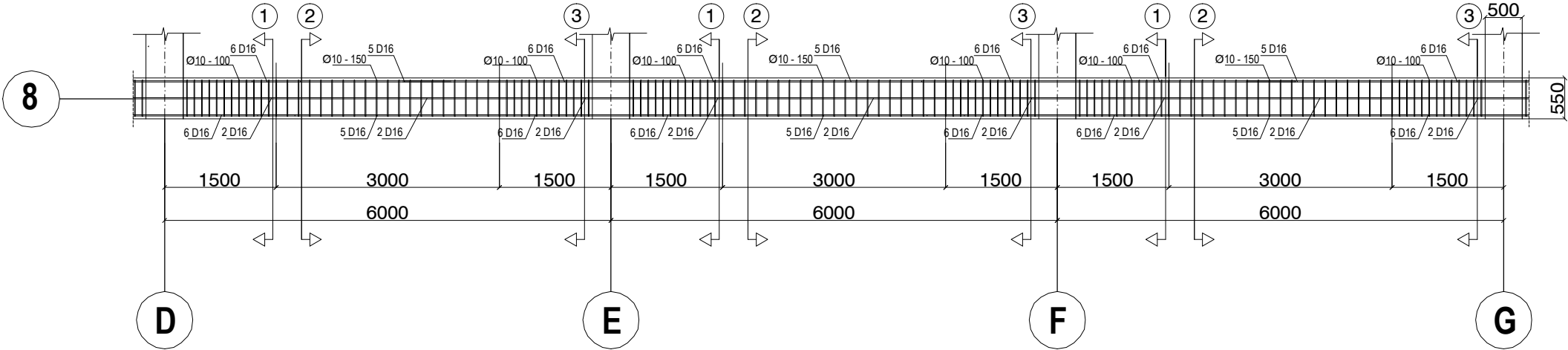
TYPE	S1		
	POTONGAN 1 (TUMPUAN)	POTONGAN 2 (LAPANGAN)	POTONGAN 3 (TUMPUAN)
LANTAI			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	6 D16	5 D16	6 D16
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	6 D16	5 D16	6 D16
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm



PORTAL SLOOF AS 8 A-D

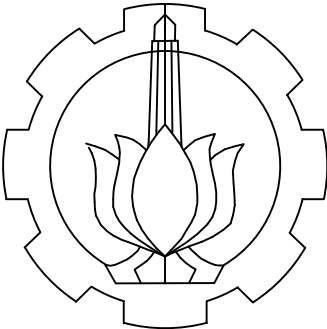
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:75

TYPE	S1		
	POTONGAN 1 (TUMPUAN)	POTONGAN 2 (LAPANGAN)	POTONGAN 3 (TUMPUAN)
LANTAI			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	6 D16	5 D16	6 D16
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	6 D16	5 D16	6 D16
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm



PORTAL SLOOF AS 8 D-G

PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:75



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKHA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

- PORTAL SLOOF AS 8 G-I
- PORTAL BALOK LANTAI 2
AS 8 G-I

KETERANGAN

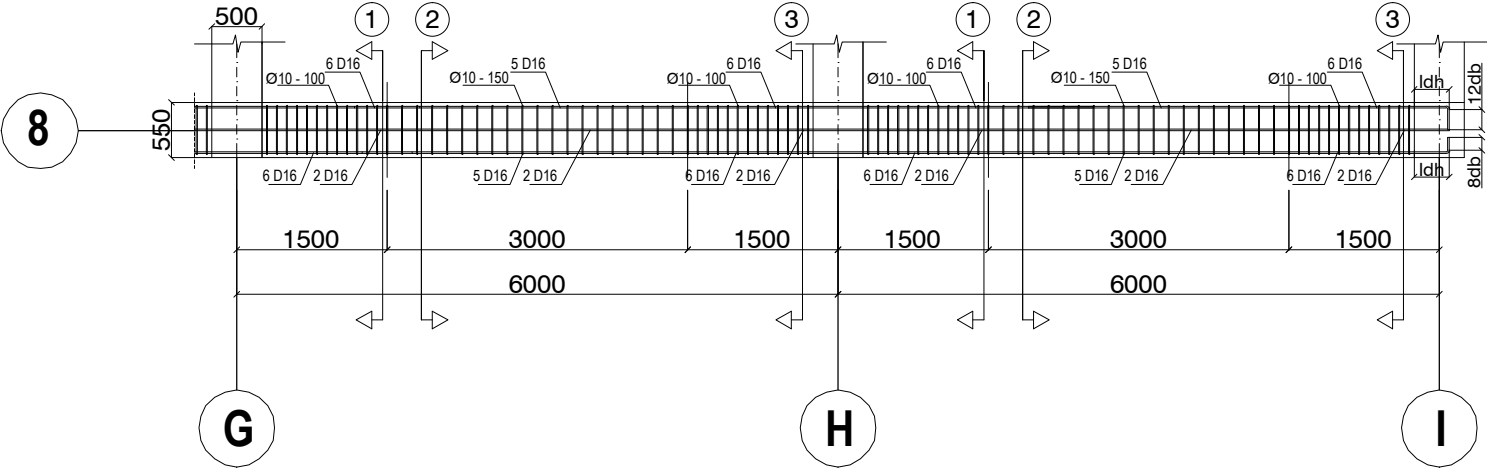
SKALA 1:75

KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

STR

32

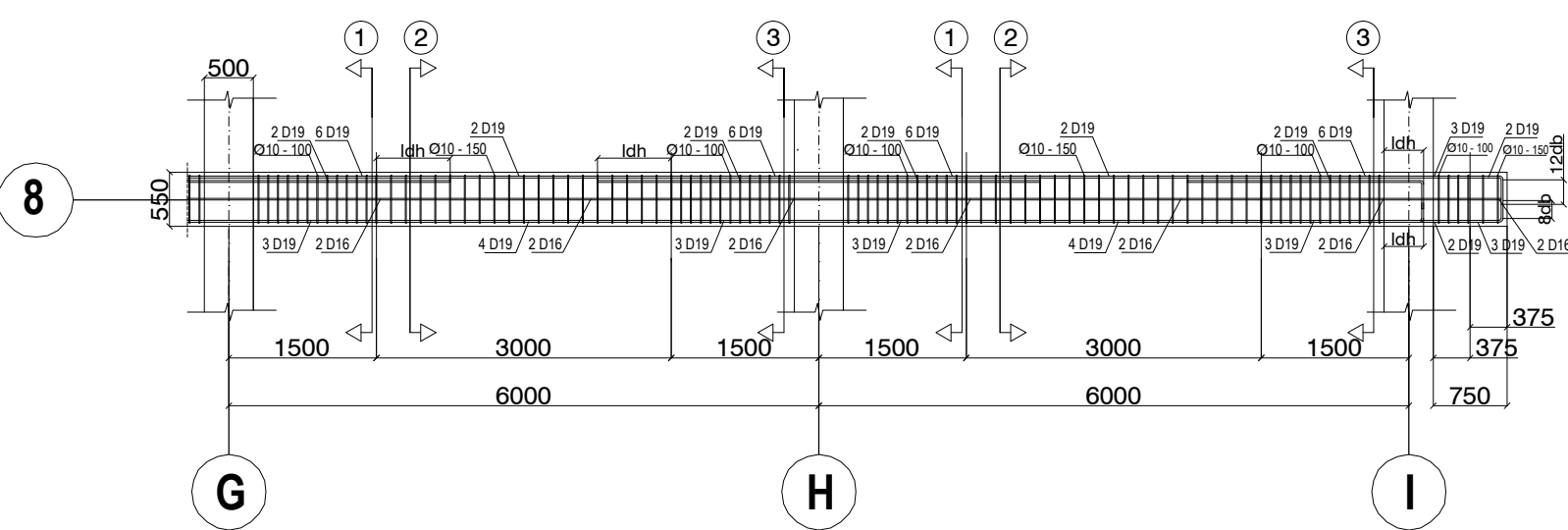
TYPE	S1		
	POTONGAN 1 (TUMPUAN)	POTONGAN 2 (LAPANGAN)	POTONGAN 3 (TUMPUAN)
LANTAI			
LANTAI 1			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	6 D16	5 D16	6 D16
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	6 D16	5 D16	6 D16
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm



PORTAL SLOOF AS 8 G-I

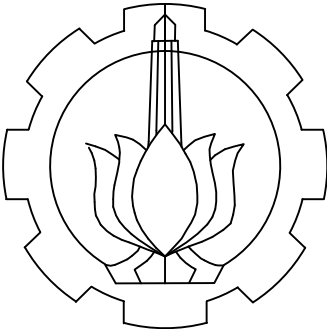
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:75

TYPE	B1A		
	POTONGAN 1 (TUMPUAN)	POTONGAN 2 (LAPANGAN)	POTONGAN 3 (TUMPUAN)
LANTAI			
LANTAI 2			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	8 D19	2 D19	8 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D19	4 D19	3 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm



PORTAL BALOK LANTAI 2 AS 8 G-I

PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:75



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

PORTAL BALOK LANTAI 2
-AS 8 A-D
-AS 8 D-G

KETERANGAN

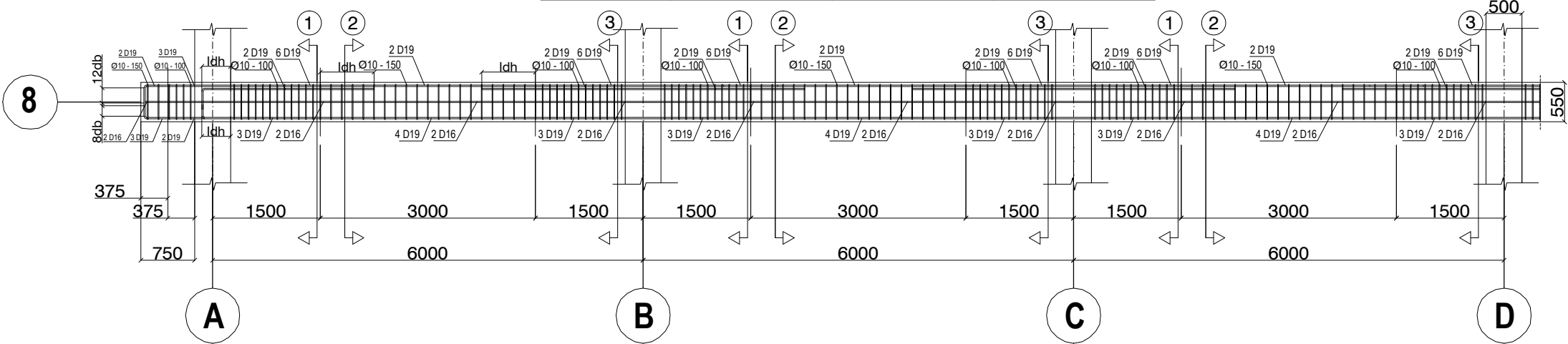
SKALA 1:75

KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

STR

33

TYPE	B1A		
	POTONGAN 1 (TUMPUAN)	POTONGAN 2 (LAPANGAN)	POTONGAN 3 (TUMPUAN)
LANTAI			
LANTAI 2			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	8 D19	2 D19	8 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D19	4 D19	3 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm

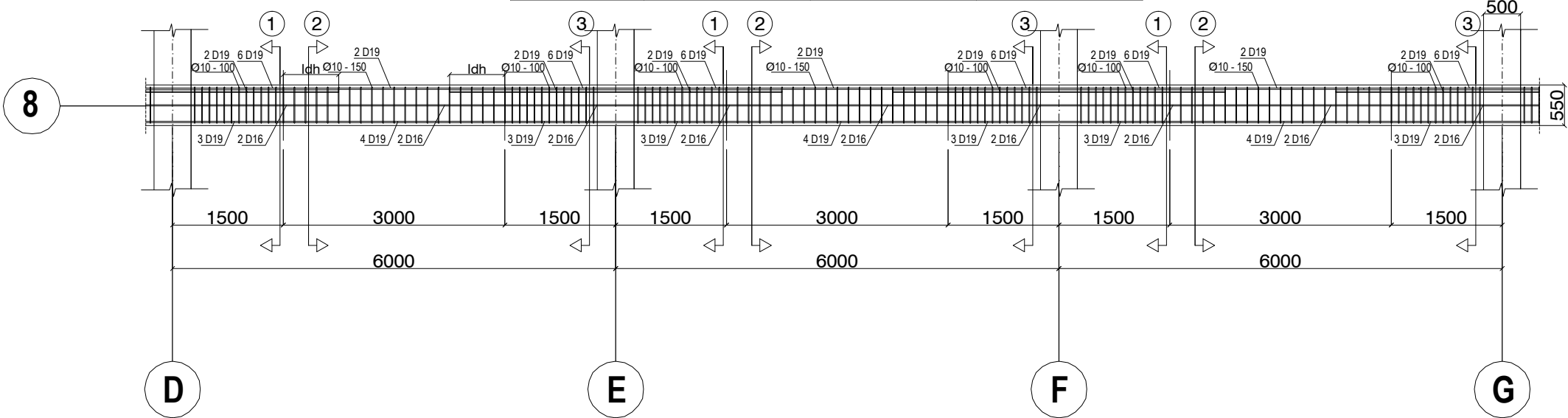


PORTAL BALOK LANTAI 2 AS 8 A-D

PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN

SKALA 1:75

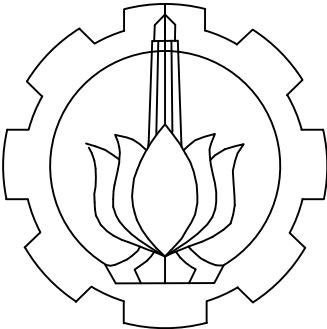
TYPE	B1A		
	POTONGAN 1 (TUMPUAN)	POTONGAN 2 (LAPANGAN)	POTONGAN 3 (TUMPUAN)
LANTAI			
LANTAI 2			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	8 D19	2 D19	8 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D19	4 D19	3 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm



PORTAL BALOK LANTAI 2 AS 8 D-G

PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN

SKALA 1:75



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

PORTAL BALOK LANTAI 2
-AS H 1-3
-AS H 3-9

KETERANGAN

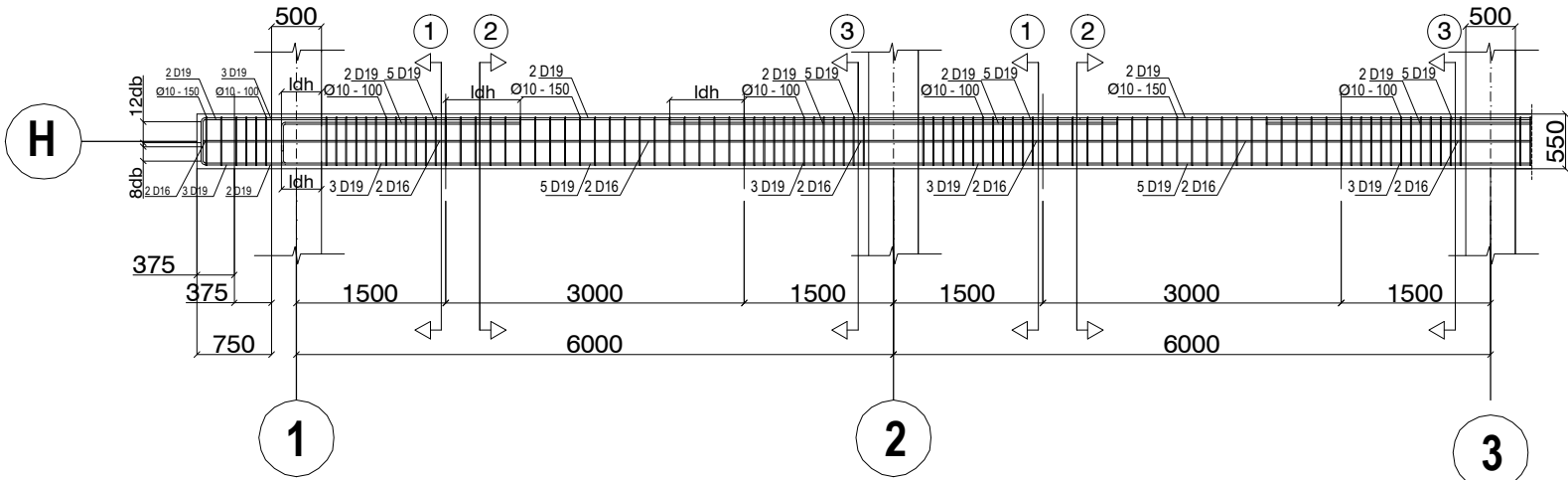
SKALA 1:75

KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

STR

34

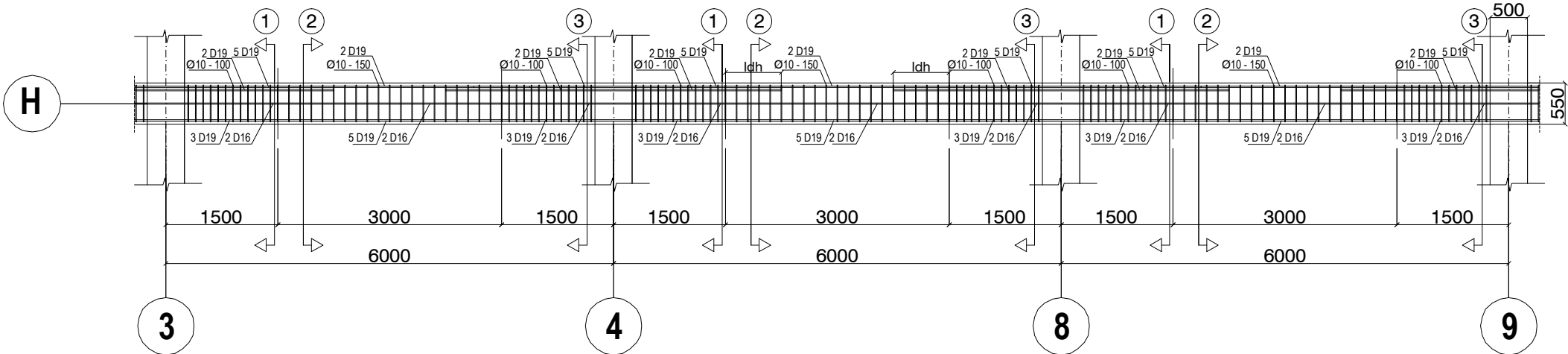
TYPE	B1B		
	POTONGAN 1 (TUMPUAN)	POTONGAN 2 (LAPANGAN)	POTONGAN 3 (TUMPUAN)
LANTAI			
LANTAI 2			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	7 D19	2 D19	7 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D19	5 D19	3 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm



PORTAL BALOK LANTAI 2 AS H 1-3
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN

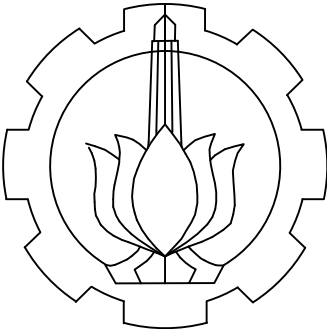
SKALA 1:75

TYPE	B1B		
	POTONGAN 1 (TUMPUAN)	POTONGAN 2 (LAPANGAN)	POTONGAN 3 (TUMPUAN)
LANTAI			
LANTAI 2			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	7 D19	2 D19	7 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D19	5 D19	3 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm



PORTAL BALOK LANTAI 2 AS H 3-9
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN

SKALA 1:75



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

PORTAL BALOK LANTAI 2
AS H 9-11

KETERANGAN

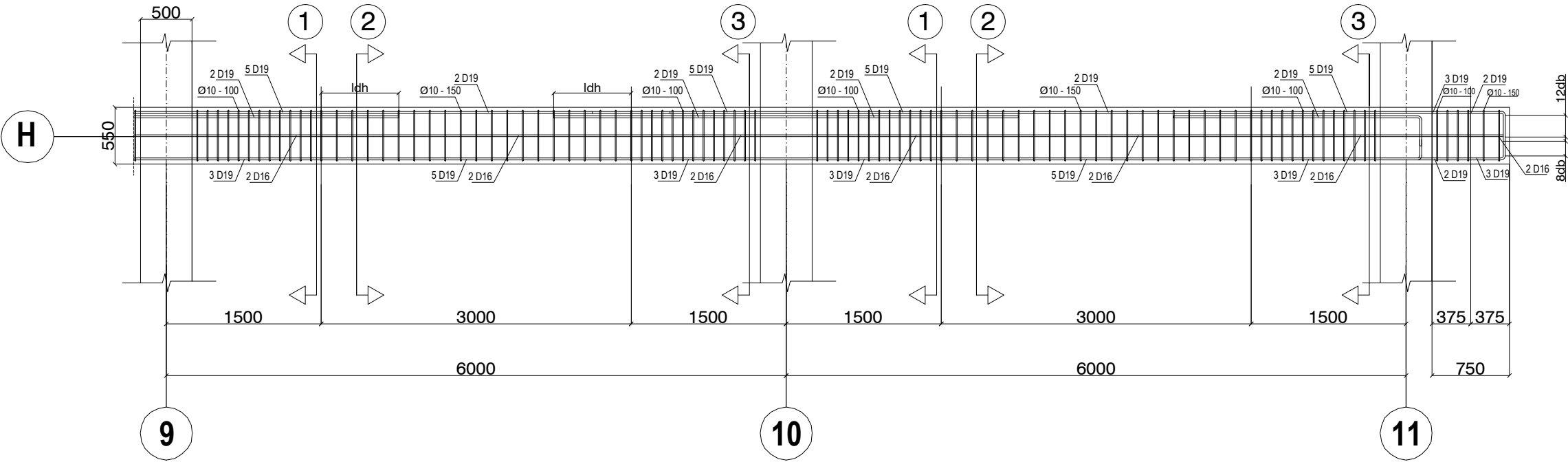
SKALA 1:50

KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

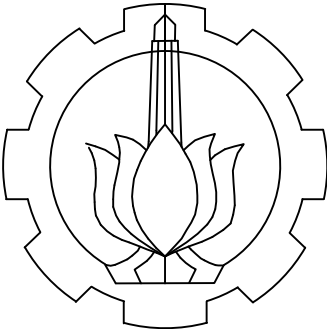
STR

35

TYPE LANTAI	B1B		
	POTONGAN 1 (TUMPUAN)	POTONGAN 2 (LAPANGAN)	POTONGAN 3 (TUMPUAN)
LANTAI 2			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	7 D19	2 D19	7 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D19	5 D19	3 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm



PORTAL BALOK LANTAI 2 AS H 9-11
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:50



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
LANTAI 2 AS A-B

KETERANGAN

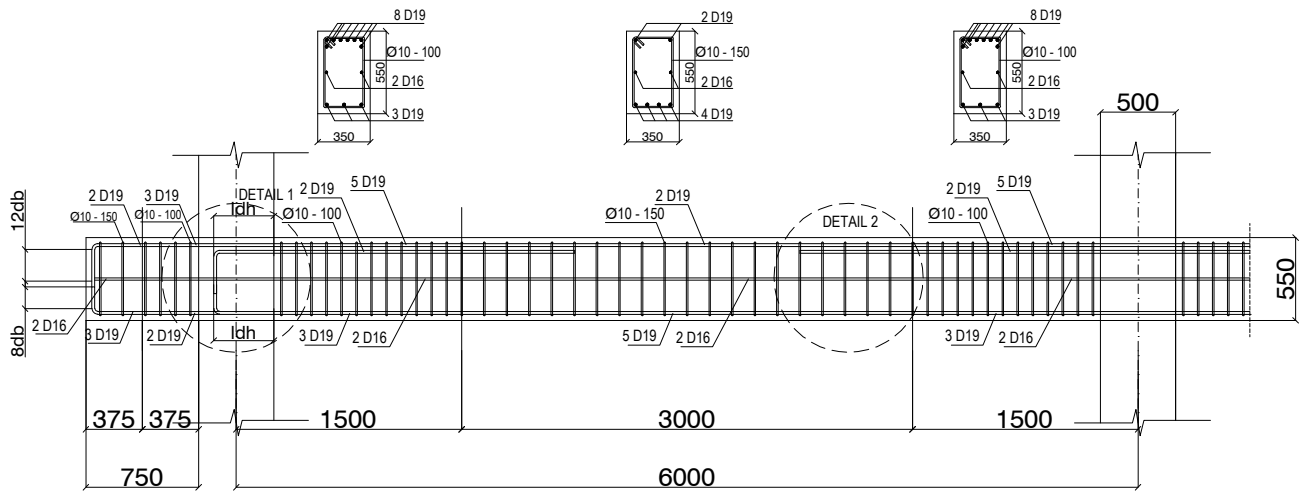
SKALA 1:50
SKALA 1:25

KODE GAMBAR

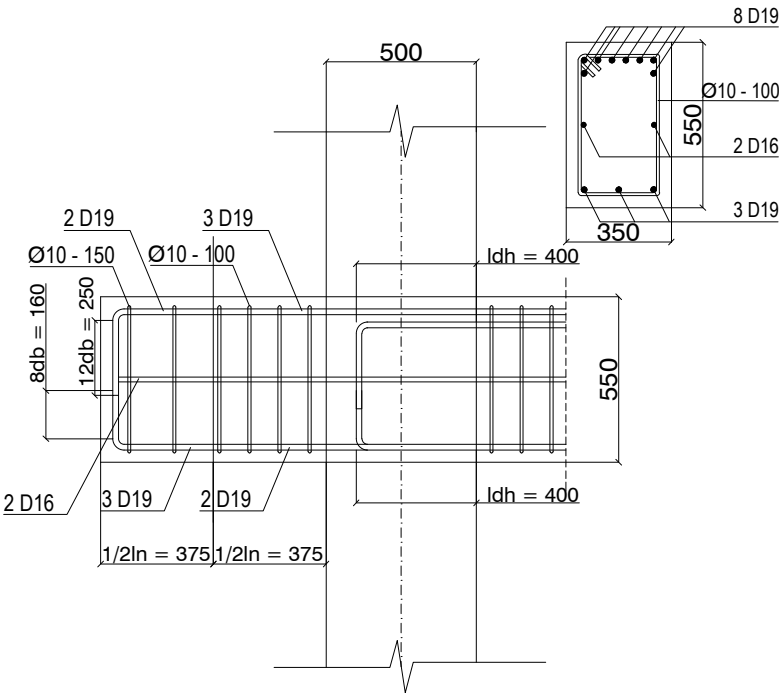
STR

NOMOR GAMBAR

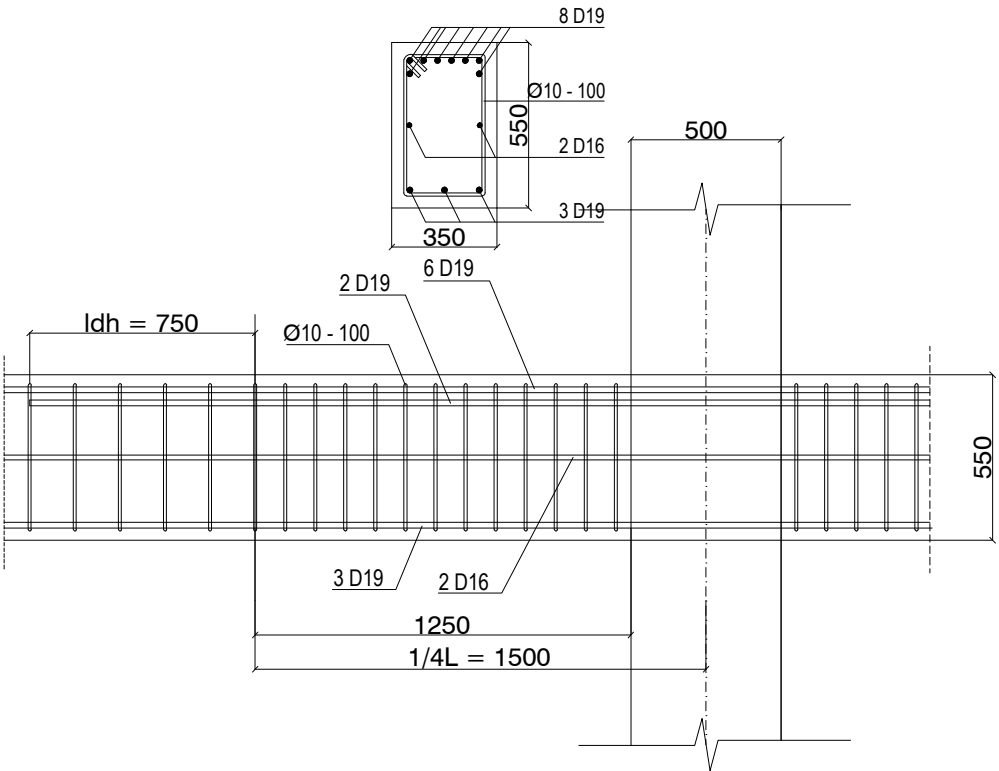
36



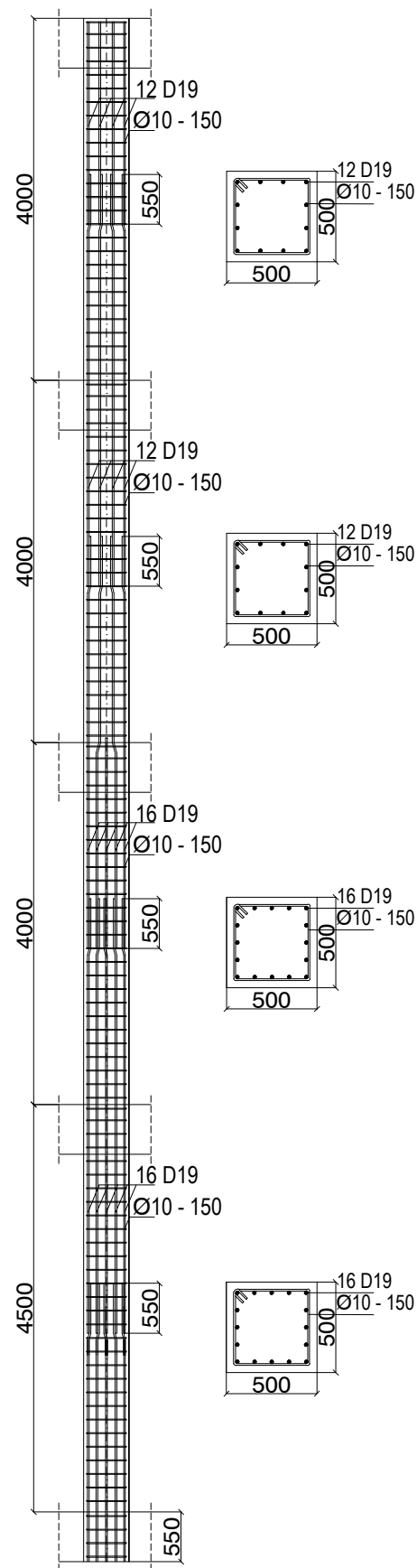
DETAIL PENULANGAN BALOK LANTAI 2 AS A-B
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:50



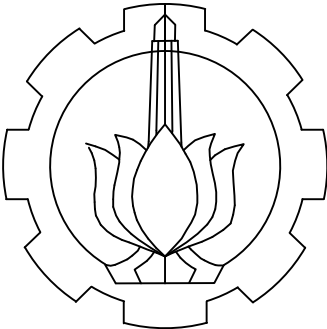
DETAIL 1 BALOK LANTAI 2
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:25



DETAIL 2 BALOK LANTAI 2
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:25



 **PORTAL KOLOM AS 8-B**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:75



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

PORTAL KOLOM AS 8-B

KETERANGAN

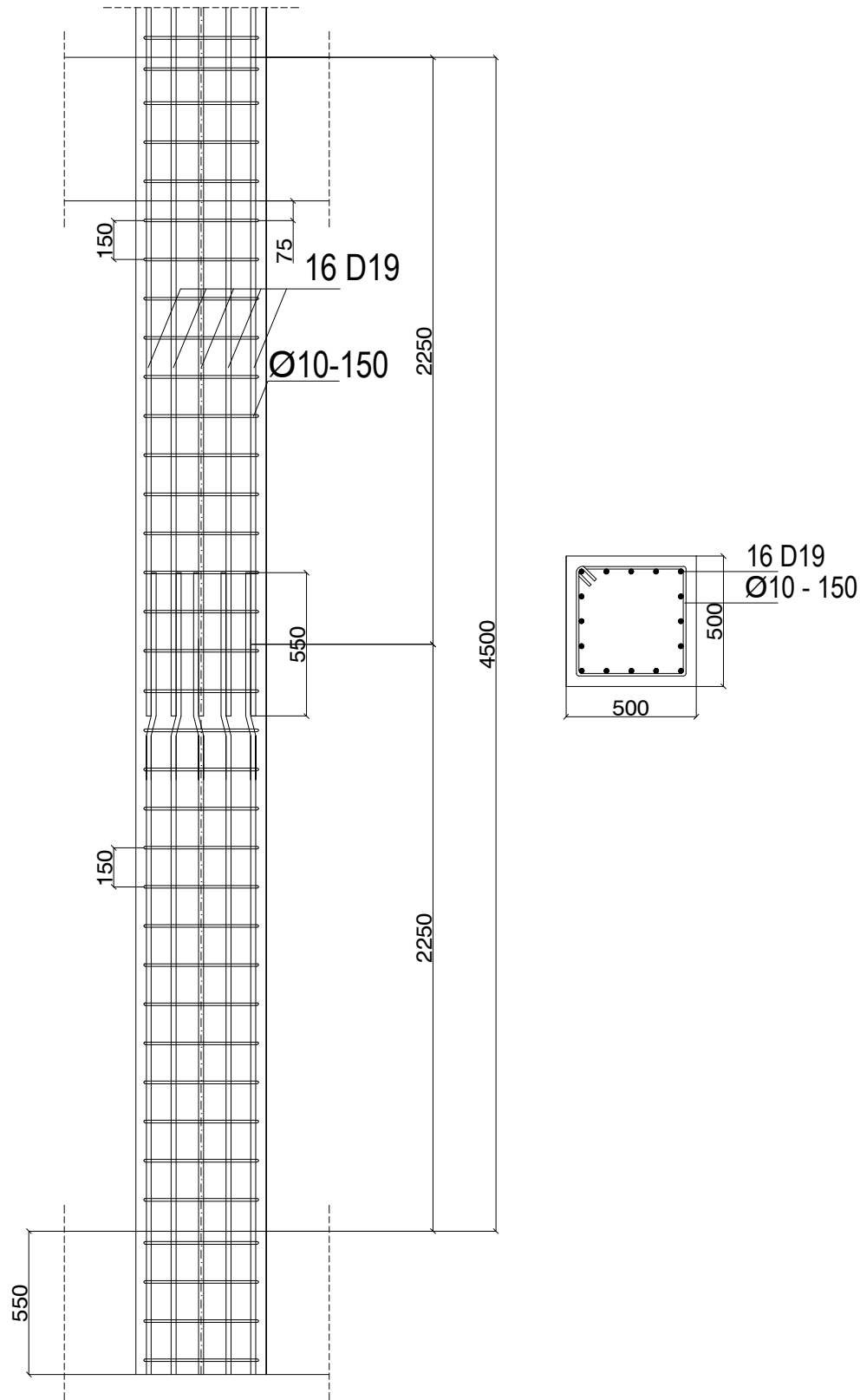
SKALA 1:75

KODE GAMBAR

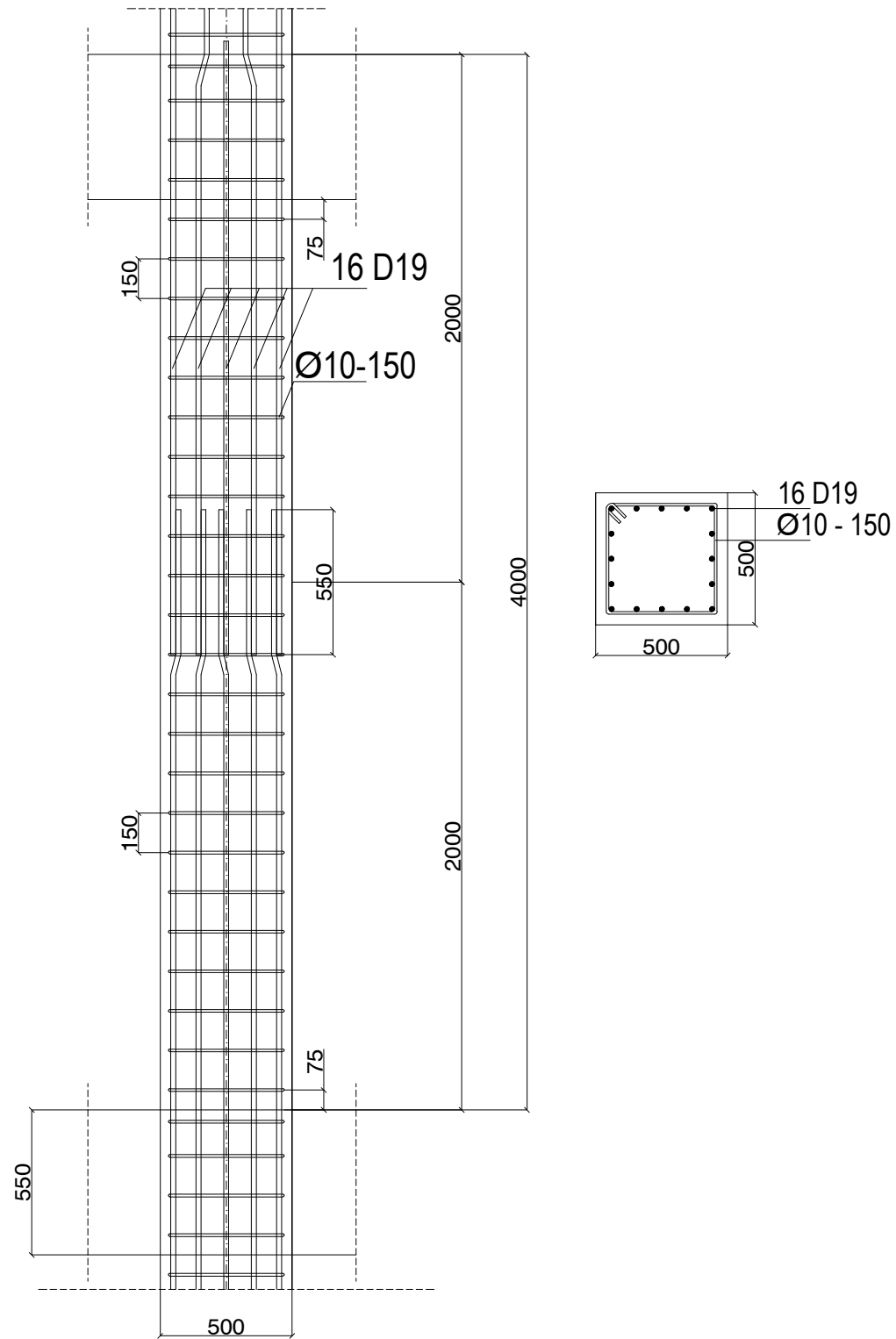
STR

NOMOR GAMBAR

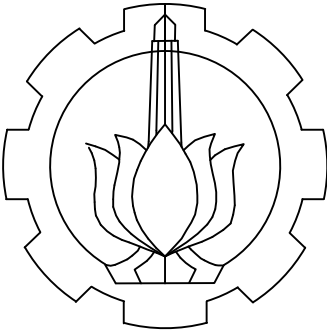
37



 **DETAIL KOLOM LANTAI 1**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:25



 **DETAIL KOLOM LANTAI 2**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:25



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DETAIL KOLOM
LANTAI 1 DAN 2

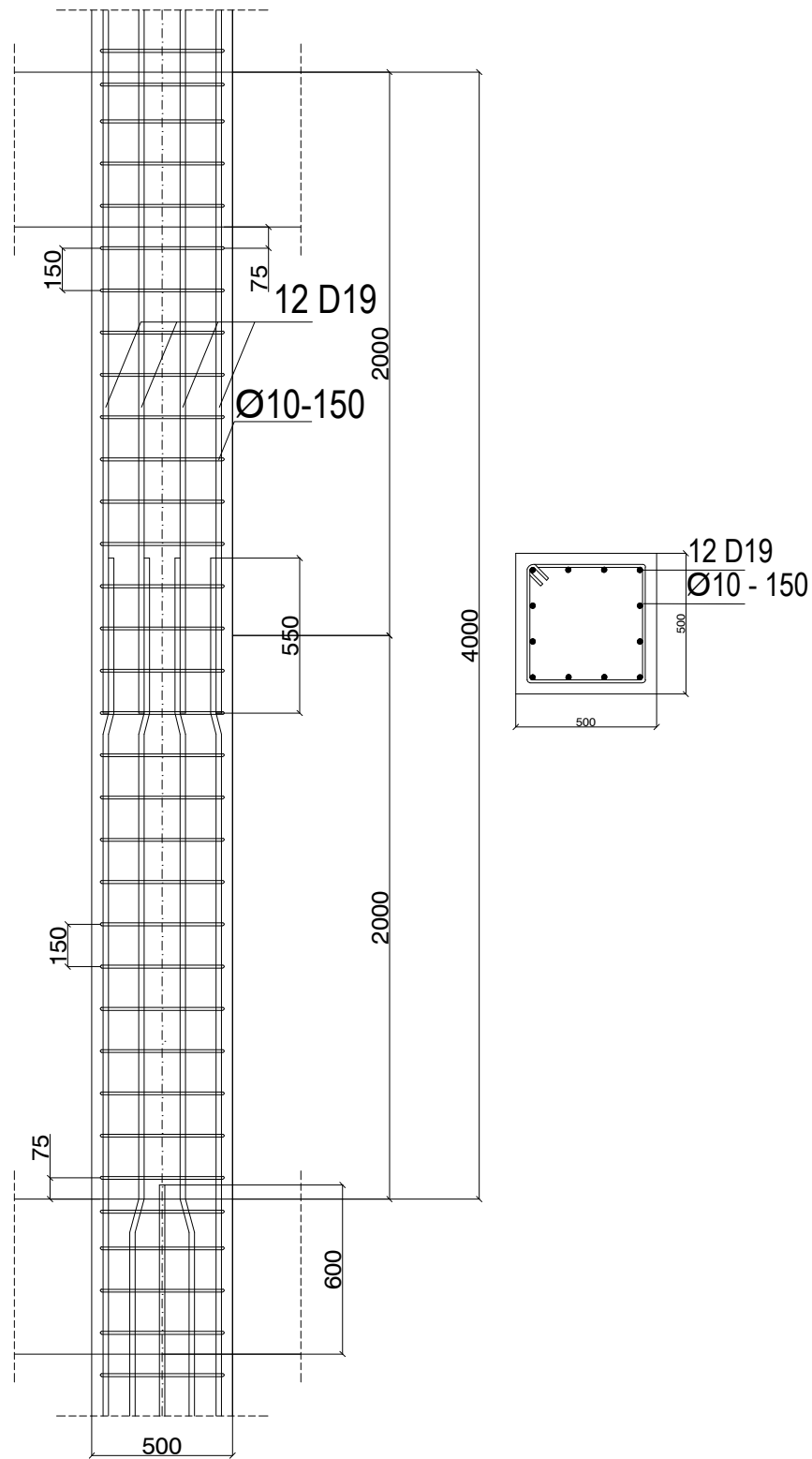
KETERANGAN

SKALA 1:25

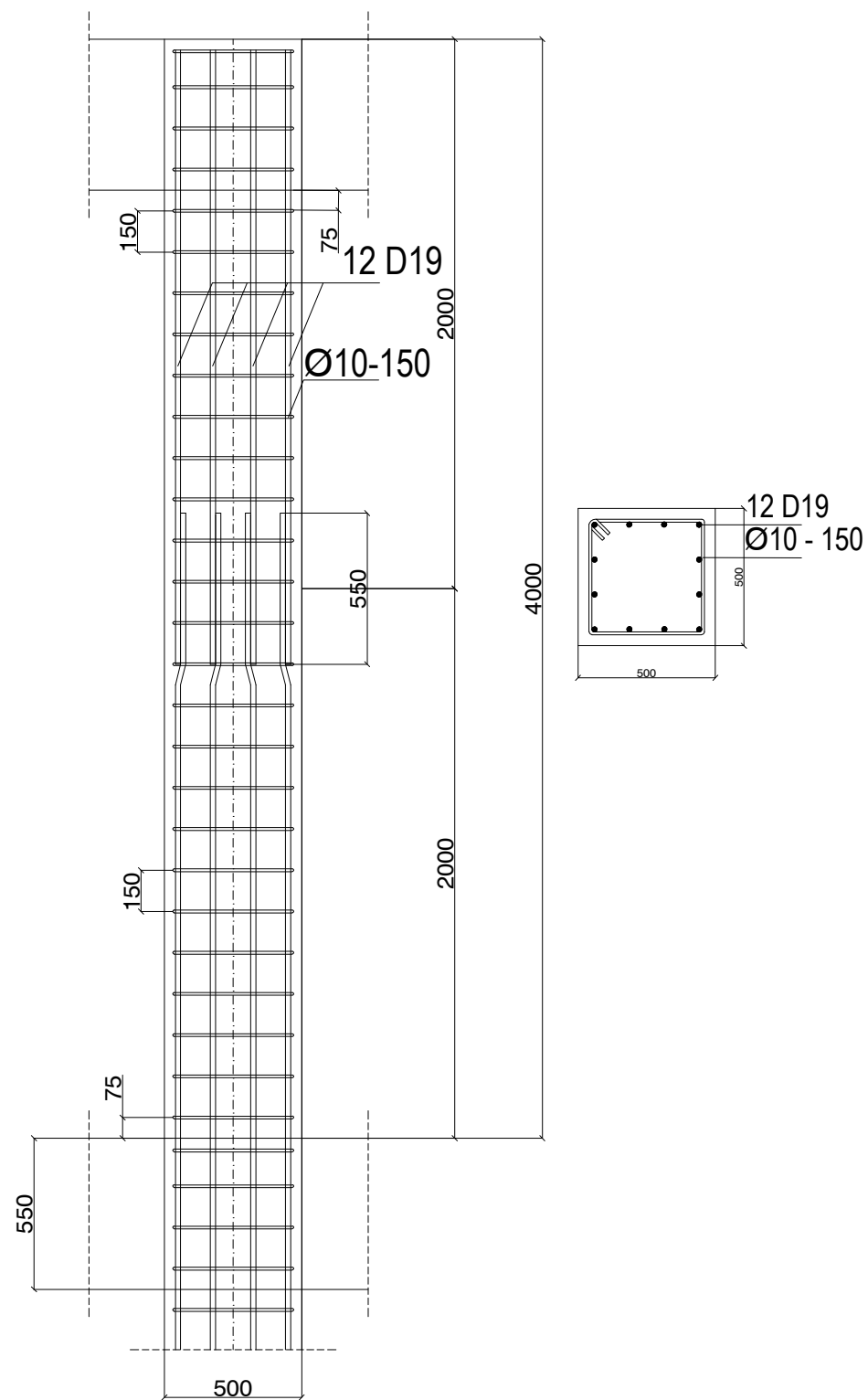
KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

STR

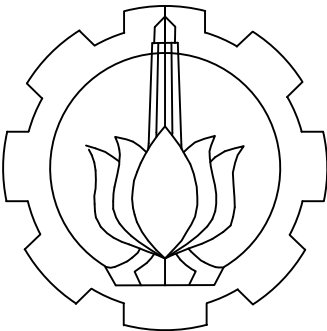
38



 **DETAIL KOLOM LANTAI 3**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:25



 **DETAIL KOLOM LANTAI 4**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:25



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DETAIL KOLOM
LANTAI 3 DAN 4

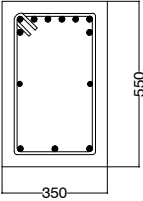
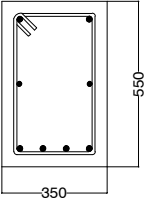
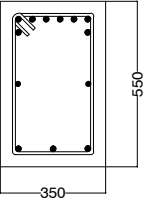
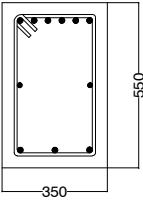
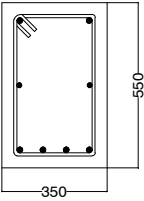
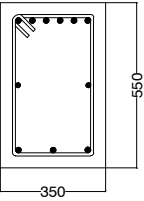
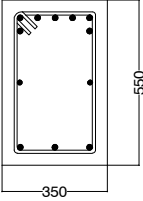
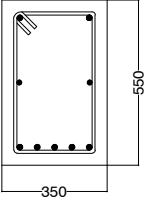
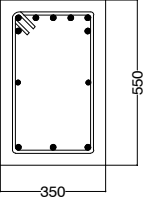
KETERANGAN

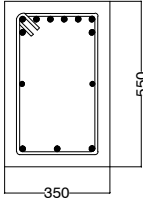
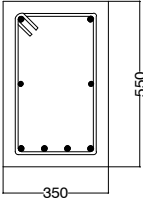
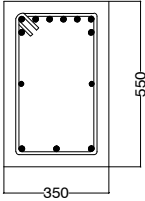
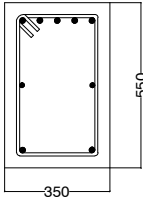
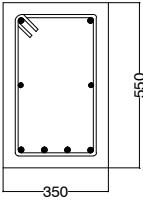
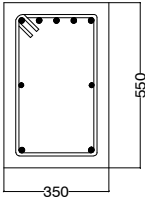
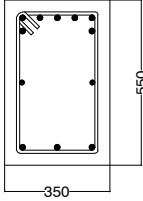
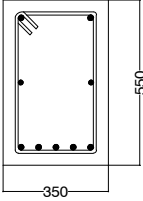
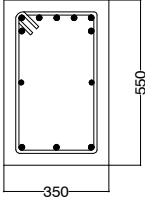
SKALA 1:25

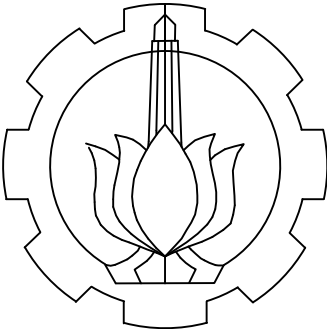
KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

STR

39

TYPE LANTAI	B1A		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LANTAI 2			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	8 D19	2 D19	8 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D19	4 D19	3 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm
TYPE LANTAI	B1A		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LANTAI 4			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	6 D19	2 D19	6 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D19	4 D19	3 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm
TYPE LANTAI	B1B		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LANTAI 2			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	7 D19	2 D19	7 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D19	5 D19	3 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm

TYPE LANTAI	B1A		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LANTAI 3			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	8 D19	2 D19	8 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D19	4 D19	3 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm
TYPE LANTAI	B1A		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LANTAI ATAP			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	5 D19	2 D19	5 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	2 D19	4 D19	2 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm
TYPE LANTAI	B1B		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LANTAI 3			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	7 D19	2 D19	7 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D19	5 D19	3 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DETAIL TULANGAN BALOK (A)

KETERANGAN

SKALA 1:25

KODE GAMBAR

NOMOR GAMBAR

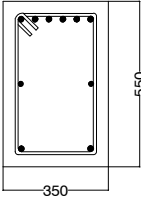
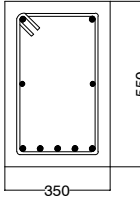
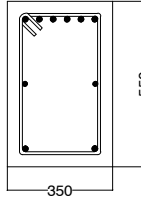
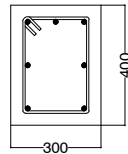
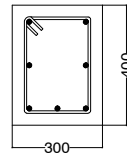
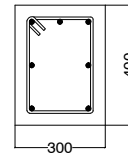
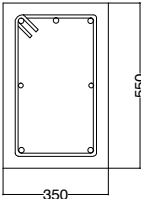
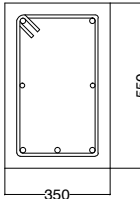
STR

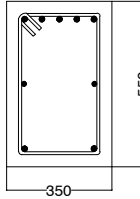
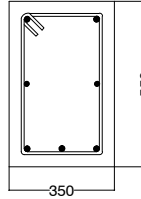
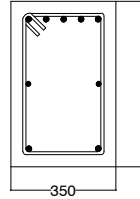
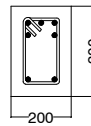
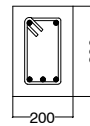
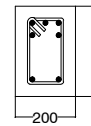
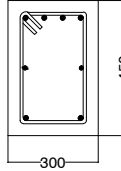
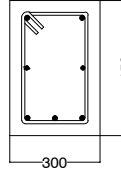
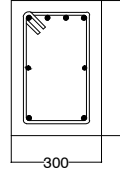
40

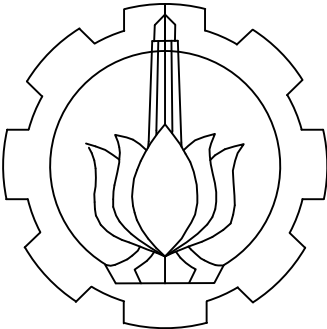


DETAIL TULANGAN BALOK
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN

SKALA 1:25

TYPE LANTAI	B1B		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LANTAI 4			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	6 D19	2 D19	6 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	2 D19	5 D19	2 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm
TYPE LANTAI	B2		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LANTAI 2-ATAP			
B X H	300 X 400	300 X 400	300 X 400
TULANGAN ATAS	3 D16	2 D16	3 D16
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	2 D16	3 D16	2 D16
SENGKANG	Ø8 - 80 mm	Ø8 - 150 mm	Ø8 - 150 mm
TYPE LANTAI	B4		
	TUMPUAN	LAPANGAN	
LANTAI 2-ATAP			
B X H	350 X 550	350 X 550	
TULANGAN ATAS	3 D19	2 D19	
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	
TULANGAN BAWAH	2 D19	3 D19	
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	

TYPE LANTAI	B1B		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LANTAI ATAP			
B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS	5 D19	2 D19	5 D19
TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	2 D19	3 D19	2 D19
SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm
TYPE LANTAI	B3		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
LANTAI 2-ATAP			
B X H	200 X 300	200 X 300	200 X 300
TULANGAN ATAS	5 D16	2 D16	5 D16
TULANGAN PINGGANG	-	-	-
TULANGAN BAWAH	2 D16	3 D16	2 D16
SENGKANG	Ø8 - 60 mm	Ø8 - 120 mm	Ø8 - 60 mm
TYPE KET.	B5		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
BALOK BORDES			
B X H	300 X 450	300 X 450	300 X 450
TULANGAN ATAS	4 D16	2 D16	4 D16
TULANGAN PINGGANG	D13	D13	D13
TULANGAN BAWAH	2 D16	3 D16	2 D16
SENGKANG	Ø10 - 95 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 95 mm



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DETAIL TULANGAN BALOK (B)

KETERANGAN

SKALA 1:25

KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

STR

41



DETAIL TULANGAN BALOK
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN

SKALA 1:25

KET.	TYPE	B6		LANTAI	TYPE		S1	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN		TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	
					LANTAI 1			
B X H		300 X 450	300 X 450		B X H	350 X 550	350 X 550	350 X 550
TULANGAN ATAS		6 D16	2 D16		TULANGAN ATAS	6 D16	5 D16	6 D16
TULANGAN PINGGANG		2 D13	2 D13		TULANGAN PINGGANG	2 D16	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH		2 D16	3 D16		TULANGAN BAWAH	6 D16	5 D16	6 D16
SENGKANG		Ø10 - 95 mm	Ø10 - 150 mm		SENGKANG	Ø10 - 100 mm	Ø10 - 150 mm	Ø10 - 100 mm

KOLOM	K1		KOLOM	K1	
	TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN
LANTAI			LANTAI		
LANTAI 2 ↑ LANTAI 1			LANTAI 3 ↑ LANTAI 2		
B X H		500 X 500	B X H		500 X 500
TULANGAN UTAMA		16 D19	TULANGAN UTAMA		16 D19
SENGKANG		Ø10 - 150 mm	SENGKANG		Ø10 - 150 mm
KOLOM	K1		KOLOM	K1	
	TUMPUAN	LAPANGAN		TUMPUAN	LAPANGAN
LANTAI			LANTAI		
LANTAI 4 ↑ LANTAI 3			LANTAI ATAP ↑ LANTAI 4		
B X H		500 X 500	B X H		500 X 500
TULANGAN UTAMA		12 D19	TULANGAN UTAMA		12 D19
SENGKANG		Ø10 - 150 mm	SENGKANG		Ø10 - 150 mm

KET.	K2	
	TUMPUAN	LAPANGAN
KOLOM LIFT		
B X H		500 X 500
TULANGAN UTAMA		12 D19
SENGKANG		Ø10 - 150 mm

DETAIL TULANGAN BALOK DAN KOLOM	
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN	
SKALA 1:25	

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058

BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DETAIL TULANGAN
BALOK DAN KOLOM

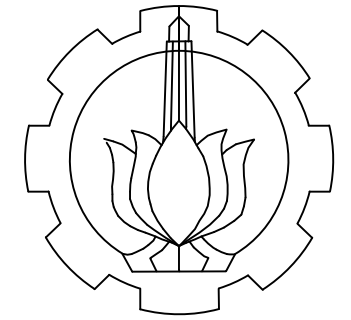
KETERANGAN

SKALA 1:25

KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	42



DETAIL TULANGAN BALOK DAN KOLOM
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:25



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

DENAH TANGGA

KETERANGAN

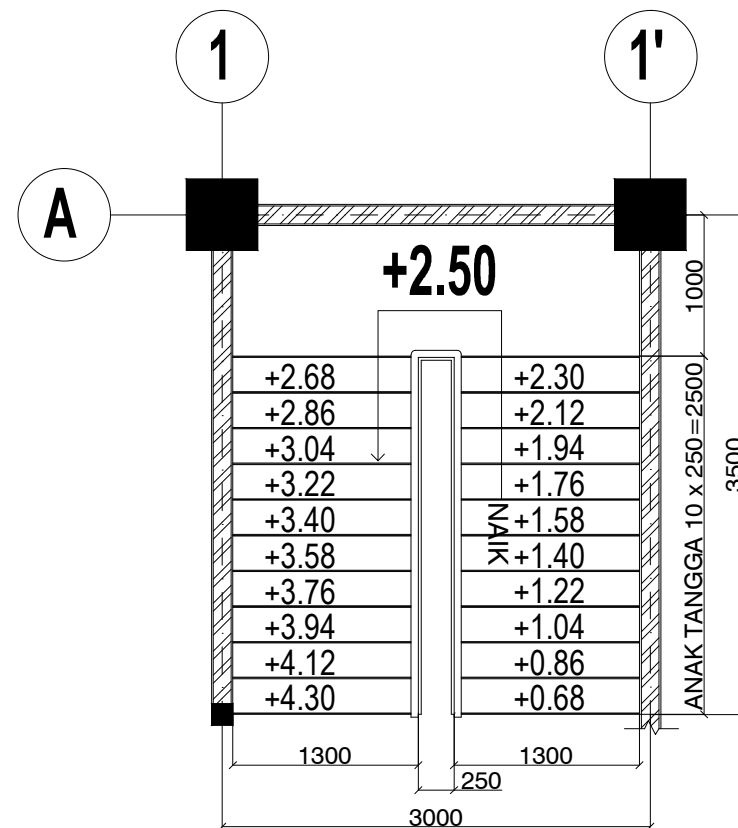
SKALA 1:50

KODE GAMBAR

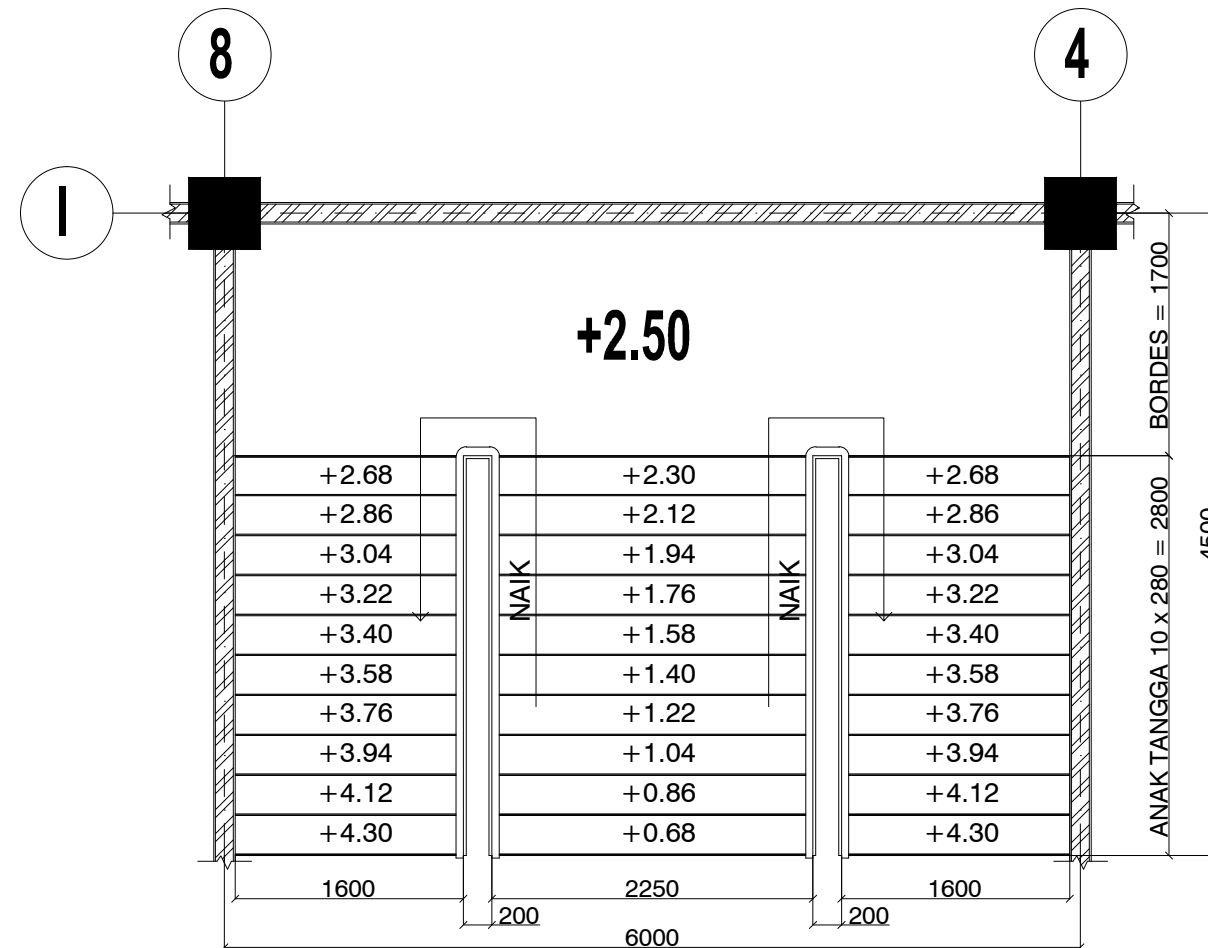
NOMOR GAMBAR

STR

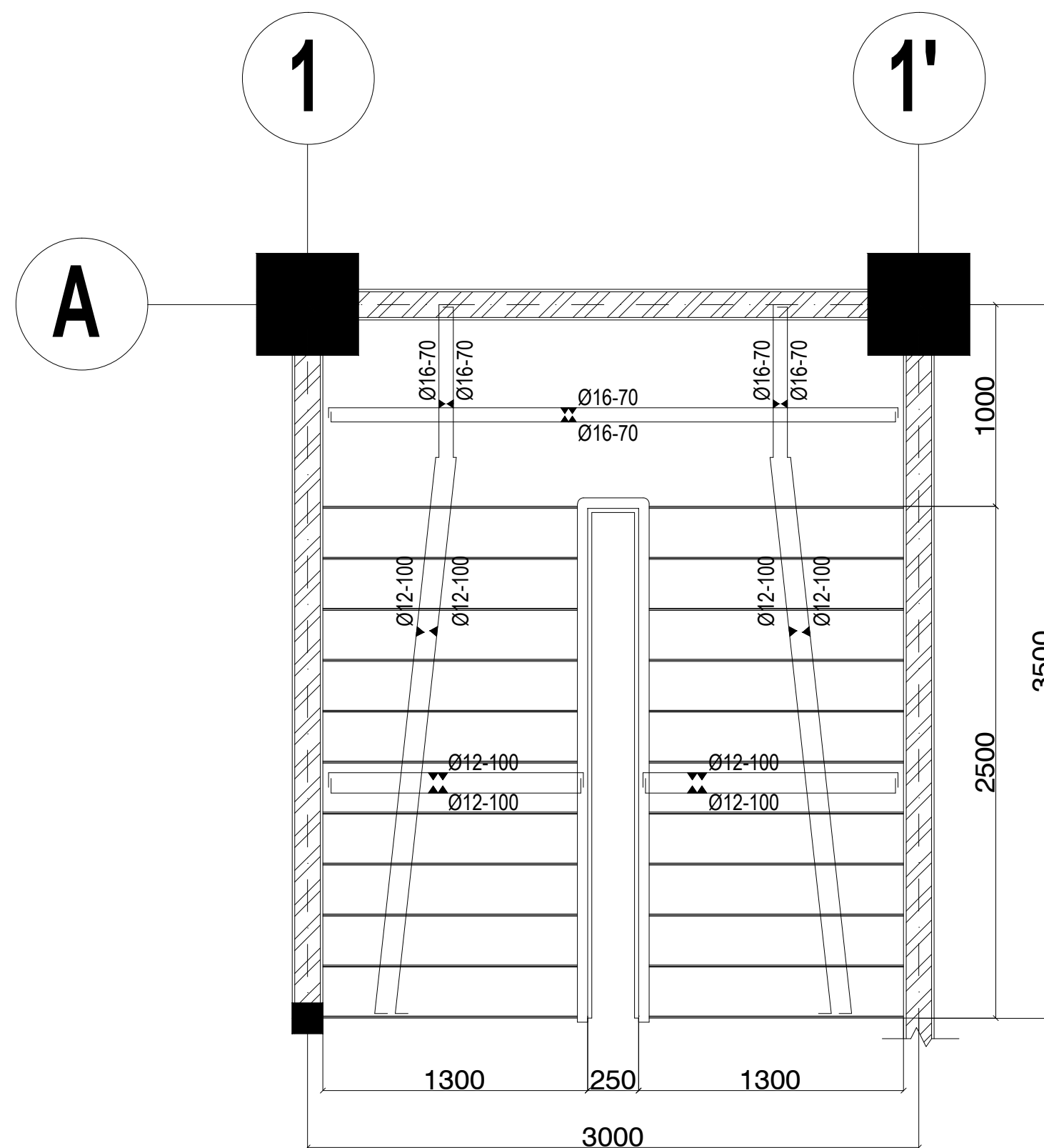
43



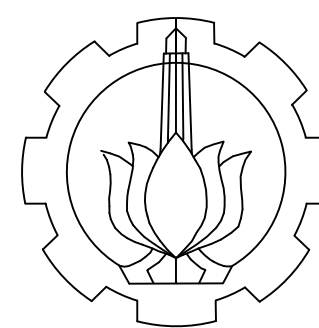
 **DENAH TANGGA KECIL**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:50



 **DENAH TANGGA UTAMA**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:50



 **PENULANGAN TANGGA KECIL**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:25



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

PENULANGAN TANGGA KECIL

KETERANGAN

SKALA 1:25

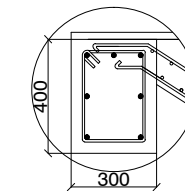
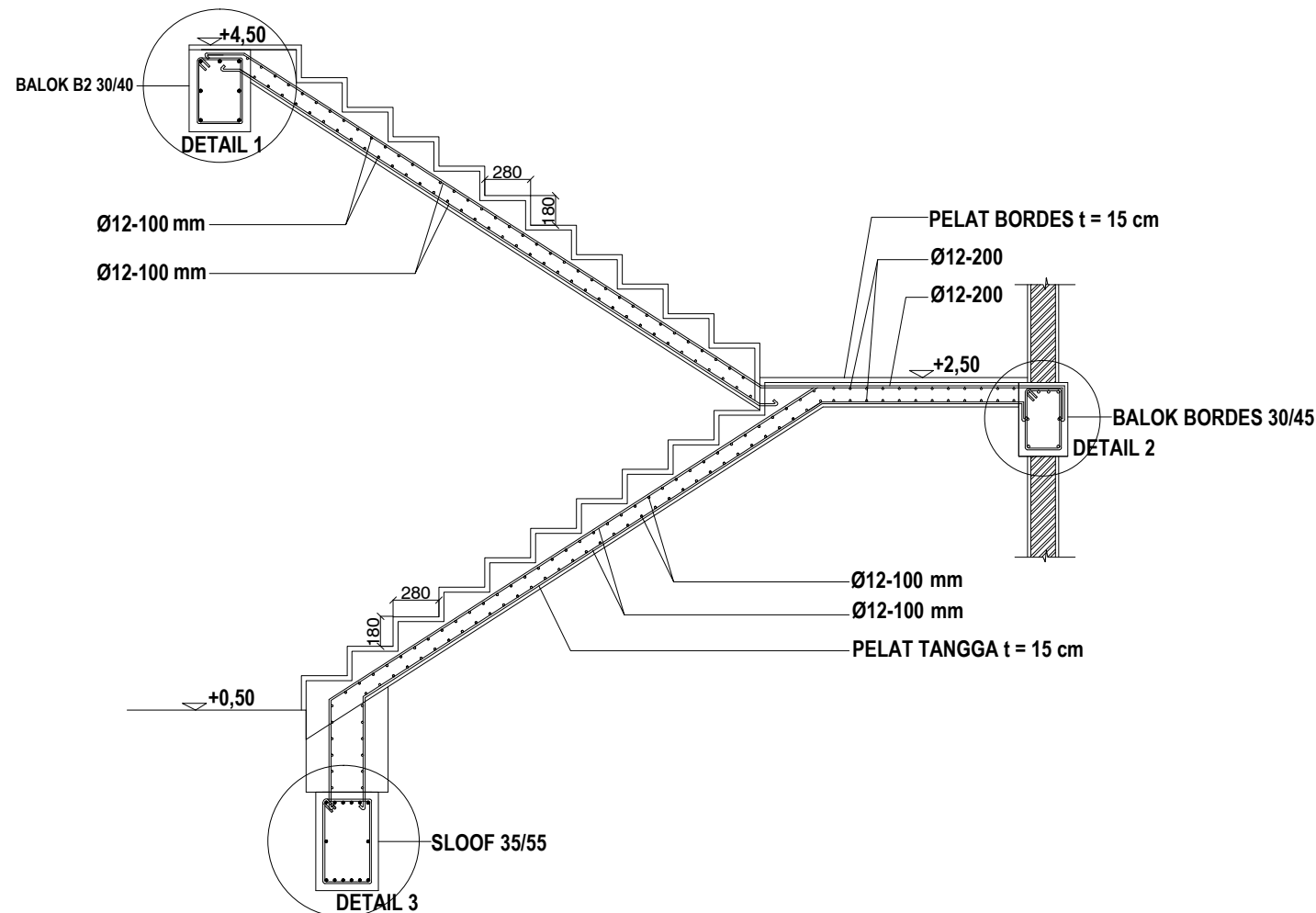
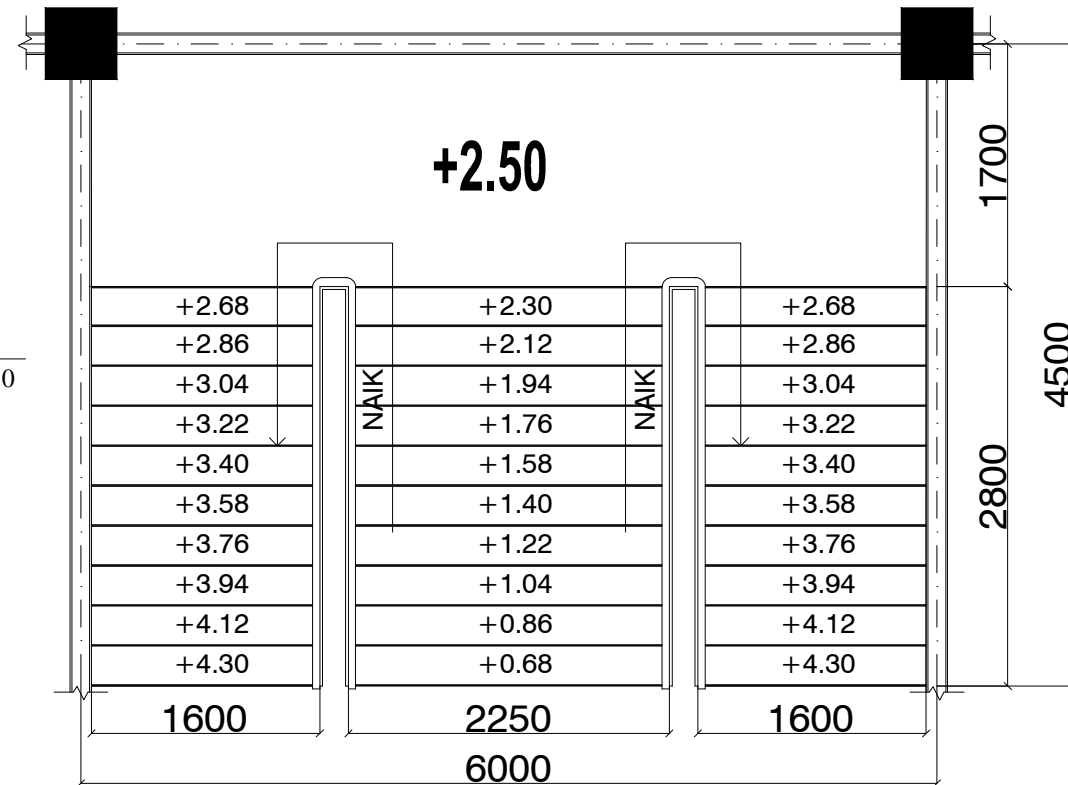
KODE GAMBAR NOMOR GAMBAR

STR **45**

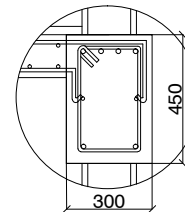
DENAH TANGGA UTAMA

PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN

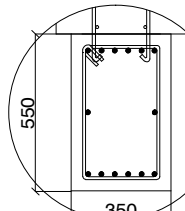
SKALA 1:50



BALOK INDUK 2 30/40
Øtumpuan tarik = 3D16
Øtumpuan tekan = 2D16



BALOK BORDES 30/45
Øtumpuan tarik = 4D16
Øtumpuan tekan = 2D16

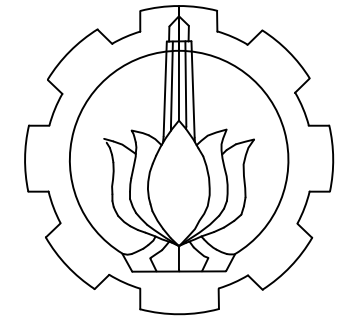


SLOOF 35/55
Øtumpuan tarik = 6D16
Øtumpuan tekan = 6D16

DETAIL BALOK PADA POTONGAN TANGGA

PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN

SKALA 1:25



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

POTONGAN TANGGA UTAMA

KETERANGAN

SKALA 1:40

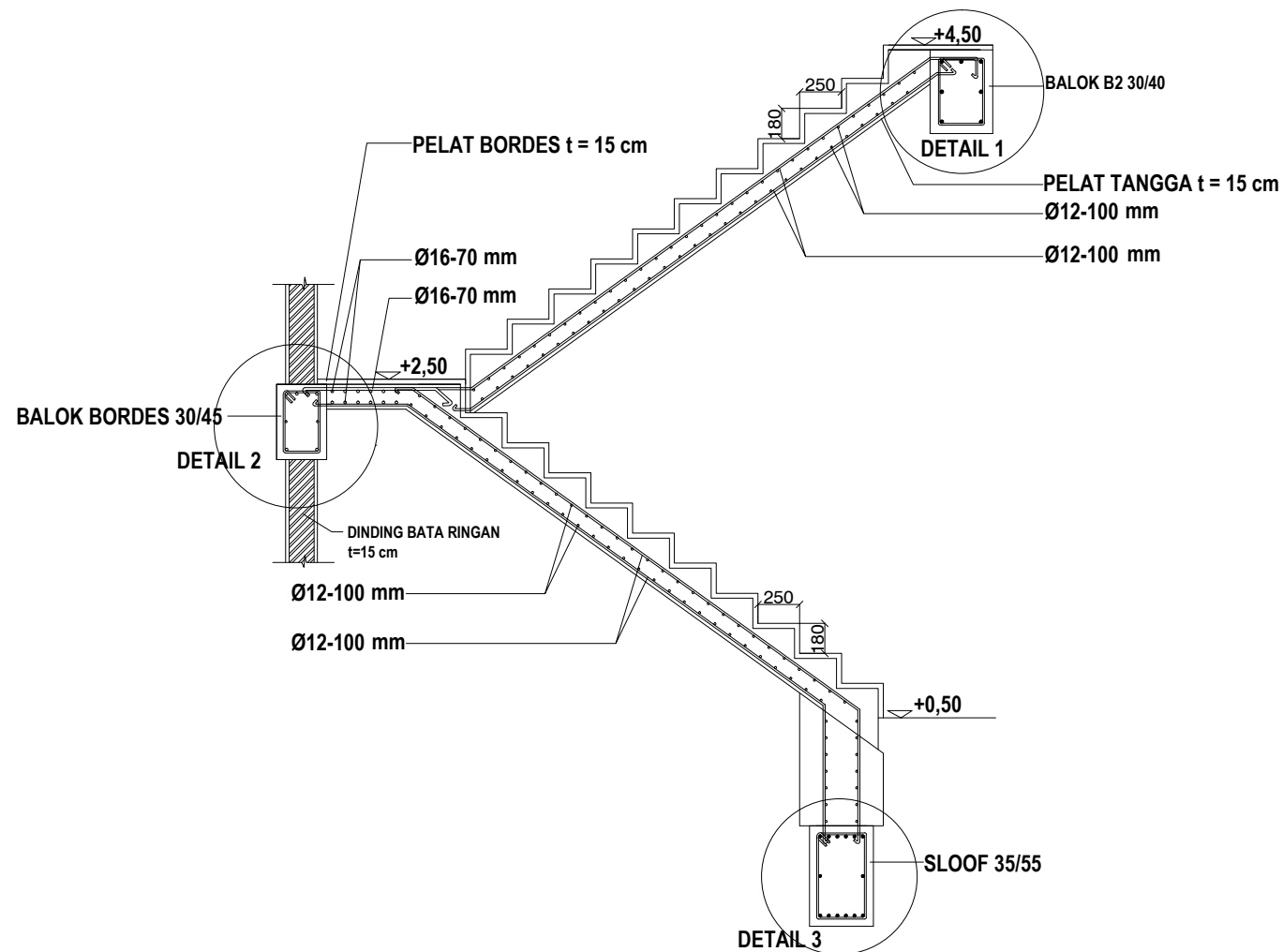
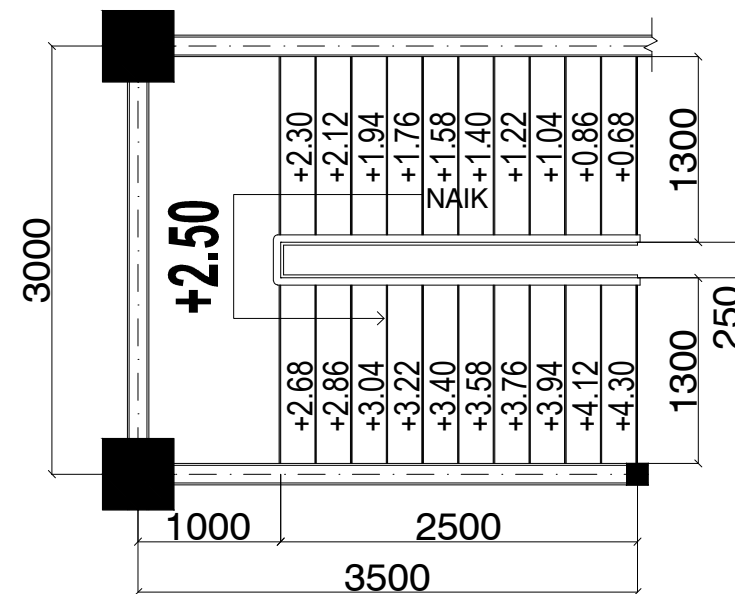
KODE GAMBAR

NOMOR GAMBAR

STR

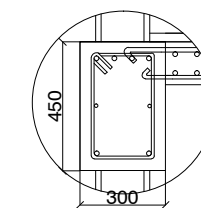
46

 **DENAH TANGGA KECIL**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:50

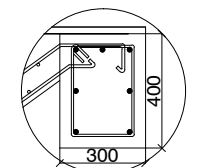


 **POTONGAN TANGGA KECIL**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:40

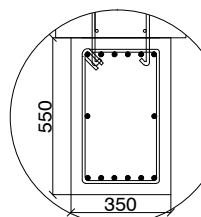
 **DETAIL BALOK PADA POTONGAN TANGGA**
PASAR 4 LANTAI DI PASURUAN SKALA 1:25



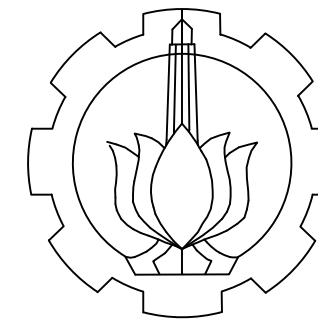
BALOK BORDES 30/45
Øtumpuan tarik = 4D16
Øtumpuan tekan = 2D16



BALOK INDUK 2 30/40
Øtumpuan tarik = 3D16
Øtumpuan tekan = 2D16



SLOOF 35/55
Øtumpuan tarik = 6D16
Øtumpuan tekan = 6D16



PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

TUGAS AKHIR

DESAIN ULANG STRUKTUR
GEDUNG PASAR 4 LANTAI
DI PASURUAN DENGAN
METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)

DOSEN PEMBIMBING

Ir. BOEDI WIBOWO, CES
NIP. 19530424 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

SHAFIRA DEVAYANTI
3114030058
BRIGITTA RISKA PURNAMASTUTI
3114030066

NAMA GAMBAR

POTONGAN TANGGA KECIL

KETERANGAN

SKALA 1:40

KODE GAMBAR

STR

NOMOR GAMBAR

47

BIODATA PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 17 bulan Januari tahun 1996 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis bernama lengkap Shafira Devayanti ini merupakan lulusan SD Muhammadiyah 2 Sidoarjo, juga pernah bersekolah di SMP Negeri 3 Candi Sidoarjo, dan di SMA Muhammadiyah 2 Sidoarjo. Di Program Studi Diploma III Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS dengan NRP 3114030058, penulis mengambil Bidang Studi Bangunan

Gedung. Penulis aktif mengikuti beberapa kepanitiaan serta kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Program Studi, Fakultas, maupun Institut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 2 bulan Juli tahun 1996 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis bernama lengkap Brigitta Riska Purnamastuti ini merupakan lulusan dari SDN Wedoro 1 Sidoarjo, juga pernah bersekolah di SMP Negeri 1 Waru Sidoarjo, dan di SMA Kemala Bhayangkari 1 Surabaya. Di Program Studi Diploma III Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS dengan NRP 3114030066, penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Gedung. Penulis aktif mengikuti beberapa kepanitiaan serta kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Program Studi, Fakultas, maupun Institut. Penulis juga aktif mengikuti organisasi yang ada di ITS, diantaranya menjadi staff departemen intern HIMA Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS 2015-2016